

Universidad Carlos III de Madrid



Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería Técnica Industrial: Electrónica Industrial
Departamento de Ingeniería Química

Aspectos normativos de prevención de riesgos laborales en la fabricación, montaje y ensamblado de circuitos impresos

Alumno: Rubén García Jorge
Tutor: Antonio Aznar Jiménez

Leganés, 2012

Pagina dejada en blanco intencionadamente

AGRADECIMIENTOS

Le dedico este trabajo a toda mi familia, en especial a mi hermano Víctor que siempre ha sido y seguirá siendo un ejemplo a seguir para mí, a mi hermana Elena por su ayuda y cariño, a mi cuñada Beatriz por su incondicional apoyo y a mi sobrino Hugo porque ha traído más alegría y felicidad a la familia. Pero sobre todo quiero dedicar este proyecto fin de carrera a mis padres ya que mi nivel de cultura, educación y conocimientos se lo debo a su esfuerzo y dedicación durante todos estos años. Gracias a ellos he tenido la oportunidad de estudiar esta carrera y poder finalizarla con éxito.

También quiero agradecer a mis abuelos Marceliano y Elena porque gracias a su vida llena de trabajo y esfuerzo, yo puedo tener oportunidades que ellos ni imaginaron.

Quiero agradecer la amistad brindada por mis compañeros de universidad Valentín, con quien pasé muchos buenos e inolvidables momentos y Juan Carlos a quien he tenido la suerte de conocer y me ha demostrado ser un buen amigo. Y especialmente quiero agradecer a Marco y Javier por su apoyo, por su confianza, por su respeto y porque son los mejores amigos que nadie puede tener.

Agradezco a Viviana por su cariño y comprensión durante el tiempo que he estado desarrollando este proyecto, y en especial por el amor y la felicidad que me da cada día desde que la conozco. Gracias a ella he podido comprender y sentir realmente lo que significa ser feliz.

Y finalmente agradezco a mi tutor de proyecto, Antonio Aznar Jiménez, por su comprensión y buena disposición a lo largo de creación del mismo.

Pagina dejada en blanco intencionadamente

ÍNDICE

I. LISTA DE TABLAS.....	6
II. LISTA DE FIGURAS.....	6
1. Introducción.....	7
1.1. Concepto y evolución de los riesgos laborales.....	7
1.2. Objetivos del trabajo.....	11
2. Resumen ejecutivo.....	13
3. Fabricación de circuitos impresos.....	17
3.1. Introducción.....	17
3.2. Metodología de fabricación.....	18
3.2.1. Patrón de conexiones.....	18
3.2.2. Atacado Químico.....	19
3.2.3. Perforado.....	20
3.2.4. Estañado y máscara anti-soldante.....	20
3.2.5. Montaje.....	21
3.2.6. Pruebas y verificación.....	23
3.2.7. Protección y empaquetamiento.....	23
4. Riesgos.....	25
4.1. Introducción.....	25
4.2. Metodología de identificación y evaluación de riesgos.....	25
4.3. Riesgos asociados a la manipulación de productos químicos peligrosos.....	34
4.4. Riesgos relacionados con la soldadura.....	35
4.5. Riesgos derivados del mecanizado de las placas.....	36
4.6. Riesgo eléctrico.....	38
4.7. Riesgo de incendio.....	38
5. Medidas preventivas.....	40
5.1. Uso de productos químicos peligrosos.....	40
5.1.1. Reglamentos REACH y CLP.....	40
5.1.2. Manipulación de productos químicos.....	42
5.1.2.1 Identificación de productos químicos.....	42
5.1.2.2 Atmósfera en el lugar de trabajo.....	43
5.1.2.3 Manipulación de productos químicos.....	44
5.1.3. Gestión de residuos.....	46
5.1.4. Fichas de seguridad.....	47
5.2. Soldadura.....	49
5.2.1. Contactos eléctricos directos e indirectos.....	49

5.2.2. Radiaciones ultravioleta y luminosas	50
5.2.3. Proyecciones y Quemaduras	50
5.2.4. Exposición a humos y gases	51
5.2.5. Otras medidas preventivas	51
5.3. Mecanizado	53
5.3.1. Medidas frente al ruido	53
5.3.2. Medidas para taladrado y corte	54
5.4. Riesgo eléctrico	56
5.4.1. Técnicas informativas	57
5.4.2. Seguridad en los trabajos sin tensión	58
5.4.3. Seguridad en los trabajos con tensión.....	59
5.4.3.1 Protección contra contactos eléctricos directos.....	60
5.4.3.2 Protección contra contactos eléctricos indirectos.....	60
5.4.4. Riesgo eléctrico con herramientas portátiles	61
5.4.5. Equipos de protección individual.....	62
5.5. Riesgo de incendio	63
6. Gestión de la prevención	65
6.1. Introducción del sistema preventivo	65
6.2. Documentación del sistema de prevención	65
6.3. Plan de prevención de riesgos laborales	66
6.4. Organización de la acción preventiva	67
6.4.1. Clasificación	67
6.4.2. Definición de la política preventiva	69
6.4.2.1 Implantación de un sistema de calidad	69
6.4.3. Planificación de las actividades preventivas.....	72
6.4.4. Ejecución y control de las actividades preventivas.....	73
7. Guía Acción Preventiva.....	75
8. Conclusiones	78
9. Bibliografía	80
ANEXOS	83
1. FICHA DE SEGURIDAD DE CLORURO FÉRRICO.....	83
2. CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN.....	93

I. Lista de tablas.

Tabla 4 1. Clasificación de riesgos. Fuente [13].....	27
Tabla 4 2. Medidas preventivas según el nivel de riesgo. Fuente: [13].	28
Tabla 4 3. Clasificación del nivel de deficiencia. Fuente: [12].	30
Tabla 4 4. Clasificación del nivel de exposición a un riesgo. Fuente: [12].....	30
Tabla 4 5. Obtención del nivel de probabilidad de un riesgo. Fuente: [12].	31
Tabla 4 6. Clasificación del nivel de probabilidad de un riesgo. Fuente: [12].	31
Tabla 4 7. Clasificación del nivel de consecuencias de un riesgo. Fuente: [12].	32
Tabla 4 8. Clasificación del nivel de riesgo. Fuente: [12].	33
Tabla 4 9. Clasificación de los niveles de intervención. Fuente: [12].	33
Tabla 6 1. Organización preventiva en función del nº de trabajadores. Fuente: [23].	68

II. Lista de figuras.

Fig. 1.1. Variación de número de accidentes, población afiliada e índice de incidencia totales. Fuente: [1].	8
Fig. 1.2. Variación de número de accidentes, población afiliada e índice de incidencia en la industria. Fuente: [1].	8
Fig. 1.3. Incidencia de accidentes en España entre 1965-2003. Fuente: [3].	9
Fig. 1.4. Número e incidencia de accidentes en Reino Unido entre 1961-2000. Fuente: [3].	10
Fig. 1.5. Incidencia de accidentes en EEUU entre 1976-2000. Fuente: [3].	10
Fig. 1.6. Incidencia de accidentes en Francia entre 1970-1998. Fuente: [3].	11
Fig. 2.1. Legislación sobre prevención de riesgos laborales. Fuente: Elaboración propia.	14
Fig. 2.2. Acción continuada frente a los riesgos laborales. Fuente: [5].	15
Fig. 2.3. Construcción del sistema preventivo. Fuente: [5].	16
Fig. 3.1. Ejemplo de placa de circuito impreso. Fuente: [6].....	18
Fig. 3.2. Placa de componentes "through hole". Fuente: [10].	21
Fig. 3.3. Placa de componentes SMD. Fuente: [11]	22
Fig. 4.1. Correspondencia entre probabilidad y consecuencias de un riesgo. Fuente: [12].....	27
Fig. 4.2. Ejemplo de cuestionario de chequeo. Fuente: [12].	29
Fig. 4.3. Máquina de corte láser de circuitos impresos. Fuente: [15].	37
Fig. 5.1. Reglamento europeo sobre sustancias químicas. Fuente: Elaboración propia.....	41
Fig. 5.2. Pictogramas que indican diferentes peligros. Fuente: [14].	43
Fig. 5.3. Campana de extracción y lavaojos de emergencia. Fuente: [14].	45
Fig. 5.4. EPI para trasvasar un producto químico. Fuente: Elaboración propia.....	45
Fig. 5.5. Circuitos de protección para una máquina de soldar. Fuente: [21].	49
Fig. 5.6. EPI para soldar PCB. Fuente: Elaboración propia.....	53
Fig. 5.7. Valores límite de exposición al ruido. Fuente: [16].	53
Fig. 5.8. Medidas preventivas frente al ruido. Fuente: Elaboración propia.....	54
Fig. 5.9. EPI en operaciones de taladrado. Fuente: Elaboración propia.	55
Fig. 5.10. EPI en operaciones de corte. Fuente: Elaboración propia.....	55
Fig. 6.1. Organización de la seguridad y salud en una empresa. Fuente: Elaboración propia.	69
Fig. 6.2. Esquema para conseguir la calidad total. Fuente: [5].	70
Fig. 6.3. Ciclo de mejora continua del sistema preventivo. Fuente: [24].	71
Fig. 7.1. Cuestionario de evaluación I. Fuente: [13].	76
Fig. 7.2. Cuestionario de evaluación II. Fuente: [13].	77

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Concepto y evolución de los riesgos laborales

Desde que se inventó el primer circuito impreso como parte de una radio, alrededor de 1936 por el ingeniero austriaco Paul Eisler, hasta la actualidad y debido principalmente a la revolución tecnológica e informática de la segunda mitad del siglo XX, la producción de este tipo de circuitos está masificada ya que su uso es indispensable para el buen funcionamiento de innumerables aplicaciones como parte de un circuito electrónico.

A pesar de las múltiples ventajas que ha provocado el enorme desarrollo de la industria, incluido el avance en la tecnología de los circuitos impresos, el uso de determinados equipos de trabajo genera riesgos anteriormente no existentes y produce efectos relacionados con la seguridad y la salud de los trabajadores.

Se denomina riesgo laboral a todo aquel aspecto del trabajo que tiene la potencialidad de causar un daño. La prevención de riesgos laborales es la disciplina que busca promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un proceso productivo, además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados del trabajo.

Según el informe de siniestralidad laboral que se recoge en [1] realizado por el Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo (OECT) en colaboración con el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y el Ministerio de Empleo y Seguridad Social (MEYSS), en los seis primeros meses de este año se registraron 238.580 accidentes laborales con baja, lo que supone un descenso del 18,8% respecto al número de siniestros registrado en el mismo periodo del año pasado, 293.760 accidentes. Del estudio anterior también puede extraerse que un total de 281 trabajadores fallecieron en accidente laboral en los seis primeros meses del año, 58 personas menos que en el mismo periodo de 2011, lo que en términos relativos implica un descenso en este tipo de siniestros del 17,1%.

En la figura 1.1 se puede observar gráficamente la variación total del número de accidentes y el índice de incidencia de los mismos junto con la variación de la población afiliada a la seguridad social, en el periodo comprendido de junio de 2011 a junio de 2012 respecto al mismo periodo del año anterior.

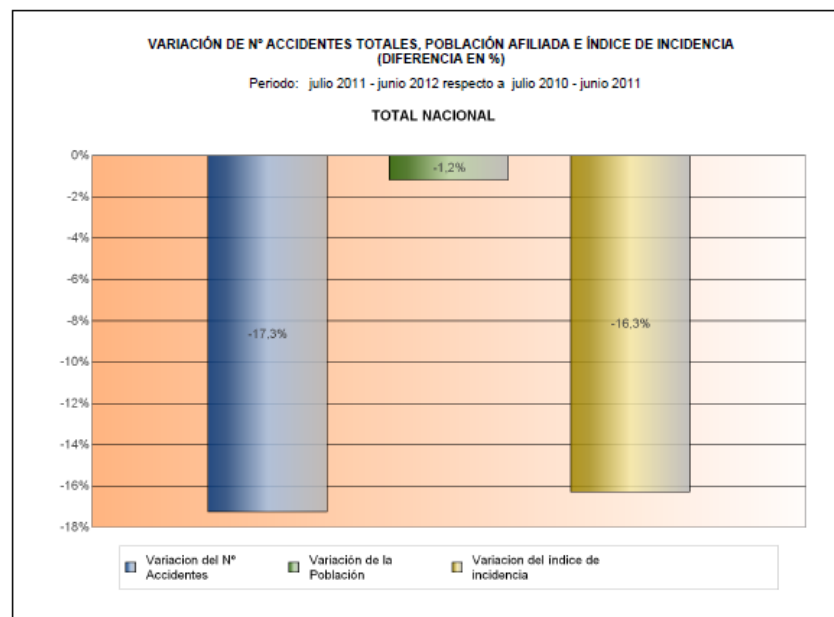


Fig. 1.1. Variación de número de accidentes, población afiliada e índice de incidencia totales. Fuente: [1].

En la figura 1.2 se puede observar que por sectores, en la industria el índice de incidencia y el número total de accidentes laborales disminuye respecto al periodo anterior considerado. Sin embargo, según el Ministerio de Empleo y Seguridad Social este descenso es debido a la caída del índice de accidentes leves y graves, puesto que en lo que se refiere a accidentes mortales solo se ha registrado una caída del 1,6%.

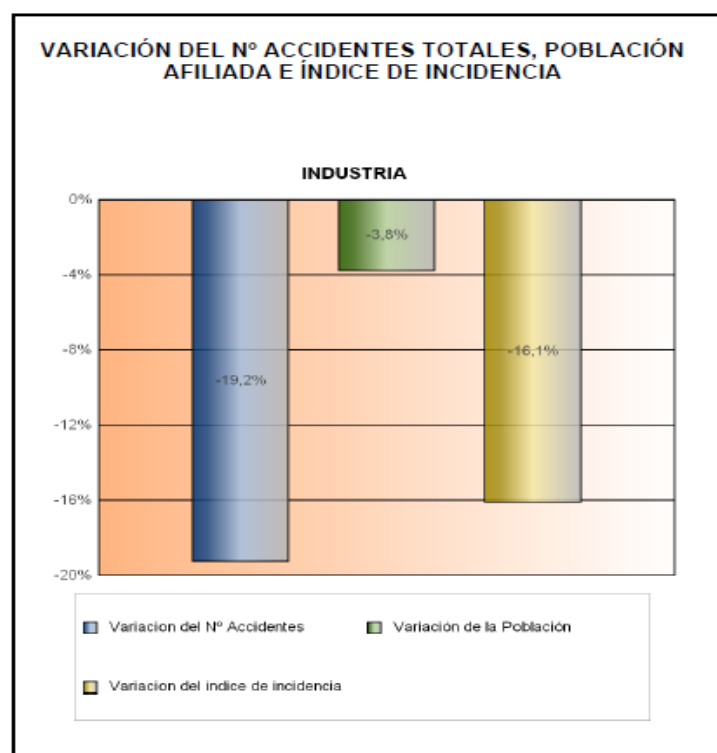


Fig. 1.2. Variación de número de accidentes, población afiliada e índice de incidencia en la industria. Fuente: [1].

Aunque cada año se registran menos accidentes laborales debido al mejor conocimiento en la prevención de riesgos laborales y la diversificación y especificación documental en este ámbito, según los últimos datos del anuario de estadísticas del Ministerio de Empleo y Seguridad Social del ejercicio de 2011, dos trabajadores fallecen cada día en España como consecuencia de su trabajo, 14 sufren un accidente grave durante su jornada y 1.541 tienen un accidente de trabajo leve. Cada día se producen, además, 2.126 accidentes sin baja y 50 personas son víctimas de una enfermedad profesional.

Se puede comprobar que todavía no existe una cultura preventiva en España y que no hay una aplicación eficaz de la normativa de prevención de riesgos laborales en las empresas. Según la Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas recogida en [2], en el año 2009 apenas el 40% de los centros de trabajo de seis o más trabajadores contaban con delegado de prevención, el 20% de los centros de trabajo no habían realizado la evaluación de riesgos obligatoria por ley y apenas el 60% de las empresas había realizado alguna actividad formativa sobre seguridad y salud en los dos últimos años. Estos datos demuestran que estas deficiencias son las que provocan que ocurran accidentes laborales.

Un ejemplo claro de este hecho es que en los últimos años se ha producido un aumento de los accidentes que causan trauma psíquico o choque traumático, lo que pone de relieve una falta de prevención sobre los riesgos psicosociales. Por ejemplo, la Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas en 2009, no recogía en su cuestionario preguntas sobre la evaluación de riesgos psicosociales.

Además, hay que tener en cuenta otro hecho que ha motivado que descienda el número de accidentes laborales: la población trabajadora se ha visto enormemente reducida durante estos últimos años debido a la grave crisis económica, y como se explica en [3] en España la siniestralidad laboral está más fuertemente influenciada por el ciclo económico que en otros países desarrollados, como se demuestra en las figuras 1.3, 1.4, 1.5 y 1.6 donde se compara la evolución del índice de incidencia de accidentes entre España y Reino Unido, EEUU y Francia respectivamente.

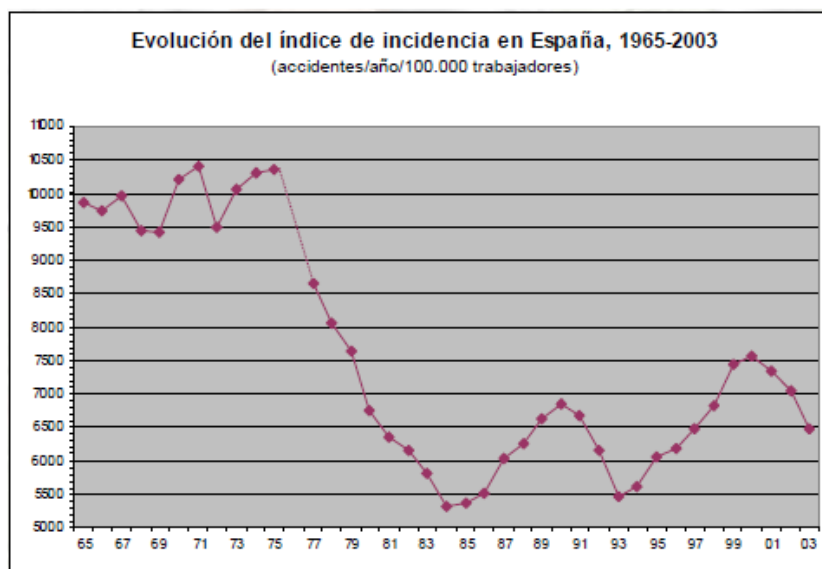


Fig. 1.3. Incidencia de accidentes en España entre 1965-2003. Fuente: [3].

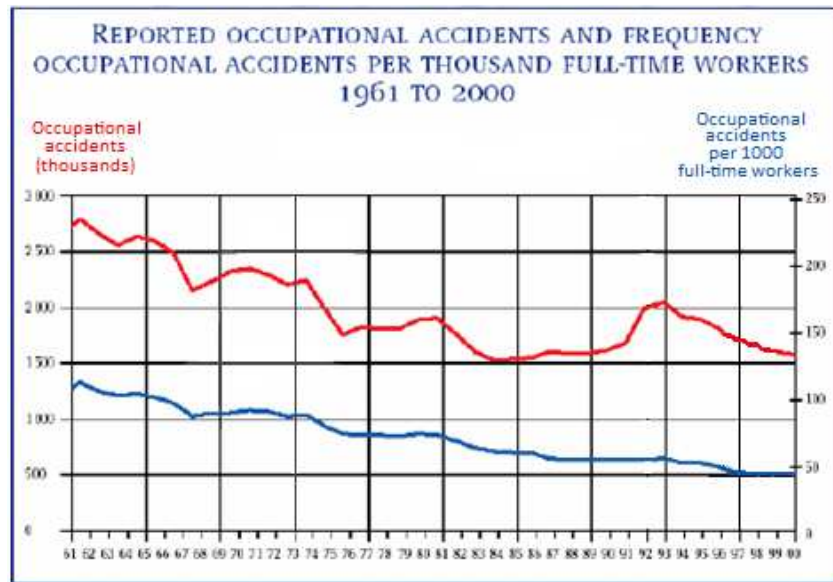


Fig. 1.4. Número e incidencia de accidentes en Reino Unido entre 1961-2000. Fuente: [3].

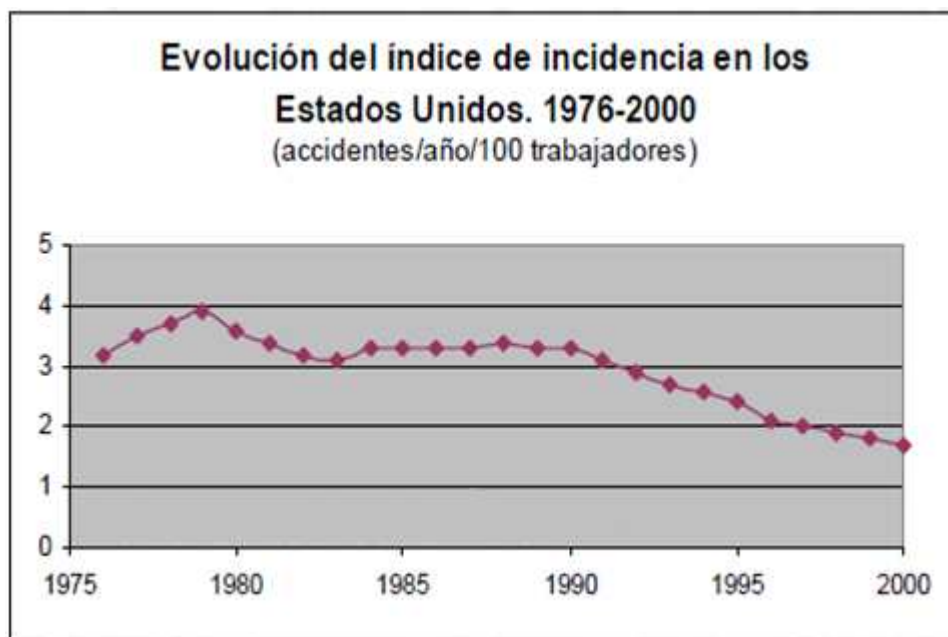


Fig. 1.5. Incidencia de accidentes en EEUU entre 1976-2000. Fuente: [3].

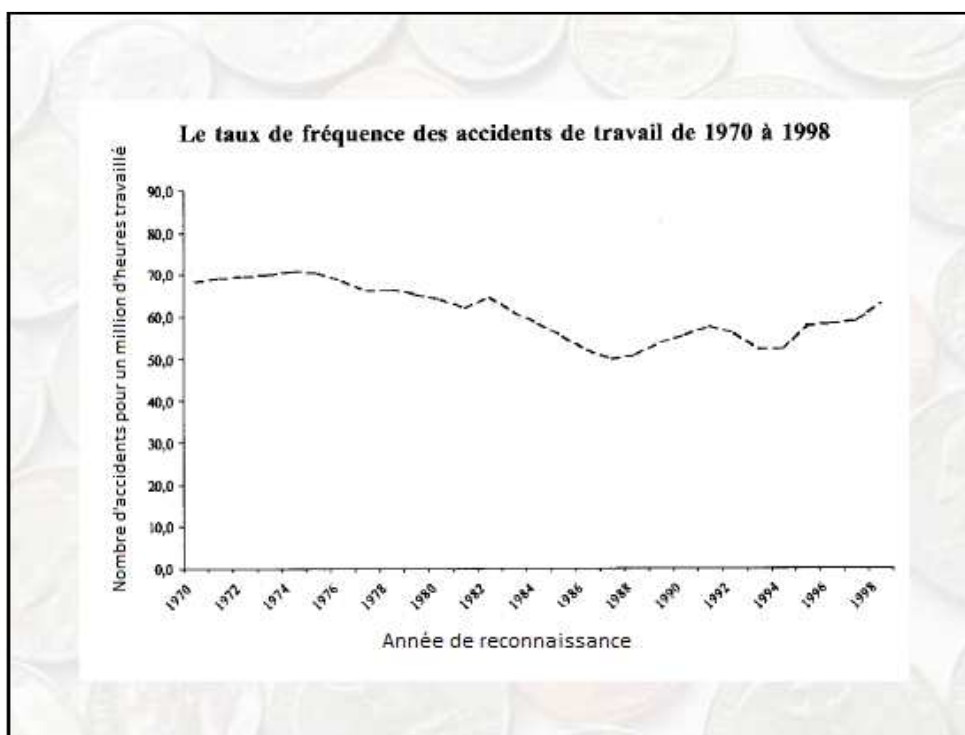


Fig. 1.6. Incidencia de accidentes en Francia entre 1970-1998. Fuente: [3].

1.2. Objetivos del trabajo

Por todo lo expuesto anteriormente, este trabajo está orientado a una disciplina muy reciente como es la fabricación de circuitos impresos y se centra en recopilar la documentación específica existente relativa a los factores de riesgo que se generan en dicho proceso de fabricación. Estos factores se estudian y evalúan desde un punto de vista preventivo atendiendo a la legislación vigente, de modo que se garantice la seguridad, salud e higiene de los trabajadores.

El trabajo que se presenta se dirige a pequeñas y medianas empresas (PYME) conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, en materia de coordinación de actividades empresariales y los reglamentos específicos en materia de Prevención de Riesgos Laborales, por lo se ha sacrificado la exhaustividad y la precisión analítica con el objetivo de la simplificación y la concreción de las medidas preventivas básicas cuya implantación y control sistemático ha de reducir la diversidad de situaciones anómalas generadoras de la mayoría de daños derivados del trabajo. Se expone una metodología generalista y simplificada la cual está claramente orientada a resolver deficiencias en los lugares de trabajo ayudando a su identificación y evaluación pero también deja la posibilidad de aplicar métodos específicos de evaluación cuando la reglamentación o la propia necesidad de profundización así lo requieran.

Por una parte, se establecen las responsabilidades de los empresarios que bajo sus actividades pongan en peligro al personal a su cargo, y por otra parte los derechos que los

trabajadores tienen desde el punto de vista preventivo junto con sus respectivas responsabilidades, basándose en la legislación vigente.

2. RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se expone en qué consiste un circuito impreso y los diferentes procesos que tienen lugar durante su fabricación, definiendo los riesgos que se generan y los posibles efectos que tienen para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Se detalla el modo de evaluar los riesgos generados por los diferentes equipos de trabajo que se usan durante el proceso de fabricación así como las distintas medidas preventivas que se deben adoptar en aplicación de la normativa existente para reducir y evitar los riesgos a los que se ven expuestos los trabajadores, según queda reflejado en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Este Real Decreto traspone la Directiva 89/655/CEE, de 30 de noviembre de 1989.

La mecanización y automatización del sector industrial ha generado grandes beneficios desde el punto de vista productivo y económico, pero ha creado múltiples riesgos anteriormente no existentes que afectan a la seguridad y salud de los trabajadores.

Debido a la gran expansión y diversificación de procesos industriales, se ha producido un aumento de enfermedades profesionales causadas y agravadas por el trabajo en la industria, tal como se registra en el Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo. Por este motivo, el Real Decreto 1995/1978 de 12 de mayo, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social, se ha visto reformado por el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, en el cual ya se establecen criterios para la notificación y registro de dichas enfermedades siguiendo la Recomendación 2003/670/CE, de 19 de septiembre, sobre la lista de enfermedades profesionales.

La salud de los trabajadores constituye un objetivo primordial para la sociedad española, de ahí que la Constitución se refiera a la salud como un derecho fundamental de todos los españoles y encomienda en su artículo 40.2 a los poderes públicos a velar por la seguridad e higiene en el trabajo.

En España, la prevención de riesgos laborales se denomina como tal a raíz de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, mostrada en [4] que surge de la necesidad de cumplir lo establecido en la Constitución española de 1978, en la directiva europea 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo y en el convenio 155 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo.

En la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, se reforma el marco normativo de la ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales y los principales argumentos que aparecen reflejados son los siguientes:

- La protección del trabajador frente a los riesgos laborales exige una actuación en la empresa que desborda el mero cumplimiento formal de un conjunto predeterminado, más o menos amplio, de deberes y obligaciones empresariales y, más aún, la corrección a posteriores situaciones de riesgo ya manifestadas.
- La planificación de la prevención desde el momento mismo del diseño del proyecto empresarial, la inicial evaluación de los riesgos laborales y su actualización periódica a medida que se alteren las circunstancias, la ordenación de un conjunto coherente y globalizador de medidas de acción preventiva adecuadas a la naturaleza de los riesgos detectados y el control de la efectividad de dichas medidas constituyen los elementos básicos del enfoque en la prevención de riesgos laborales.
- La información y la formación de los trabajadores dirigidas a un mejor conocimiento tanto del alcance real de los riesgos derivados del trabajo como de la forma de prevenirlos y evitarlos, debe proporcionarse de manera adaptada a las peculiaridades de cada centro de trabajo, a las características de las personas que en él desarrollan su prestación laboral y a la actividad concreta que realizan.

Dado que esta ley marca las pautas generales, se han desarrollado gran variedad de Reales Decretos, Reglamentos y Normas Técnicas de Prevención (NTP) que especifican la aplicación de esta normativa en diversos campos. En la figura 2.1 se puede observar la estructura que tiene en España la legislación en el ámbito de prevención de riesgos laborales.



Fig. 2.1. Legislación sobre prevención de riesgos laborales. Fuente: Elaboración propia.

En electrónica, un circuito impreso, tarjeta de circuito impreso o PCB (*Printed Circuit Board*), es una superficie constituida por caminos o pistas de material conductor laminadas sobre un sustrato no conductor.

Un ingeniero eléctrico o electrónico diseña el circuito y un especialista diseña el circuito impreso. Los diseñadores de circuitos impresos a menudo utilizan programas de diseño electrónico automatizado (EDA), para distribuir e interconectar los componentes. Estos programas almacenan información relacionada con el diseño, facilitan la edición, y pueden también automatizar tareas repetitivas.

El proceso de producción de los PCB y el montaje de los componentes son automatizados lo que permite que en ambientes de producción en masa, sean más económicos y confiables que otras alternativas de montaje, como el punto a punto. Sin embargo, durante dicho proceso el trabajador se halla expuesto a diferente tipo de riesgos:

- Asociados a la manipulación de productos químicos peligrosos. Para la fabricación industrial de circuitos impresos es conveniente utilizar máquinas con transporte de rodillos y cámaras de aspersión de los líquidos de ataque, que cuenten con control de temperatura, de presión y de velocidad de transporte. También es necesario que cuenten con extracción y lavado de gases.
- Relacionados con la soldadura de elementos diversos.
- Derivados del mecanizado de dichas placas.
- Riesgo eléctrico debido a que la principal fuente de energía para la preparación de dispositivos y equipos electrónicos es la energía eléctrica.
- Riesgo de incendio.

Una vez que se han analizado y evaluado los distintos factores de riesgo a los que se ven sometidos los trabajadores en las diferentes áreas de trabajo, se determinan las medidas y acciones preventivas correspondientes a cada caso aplicando la normativa y legislación existentes para garantizar un adecuado control de estos riesgos.

En la figura 2.2 perteneciente a [5] se muestra lo que debe ser la necesaria acción continuada para la prevención de los riesgos laborales y la mejora de las condiciones de trabajo.

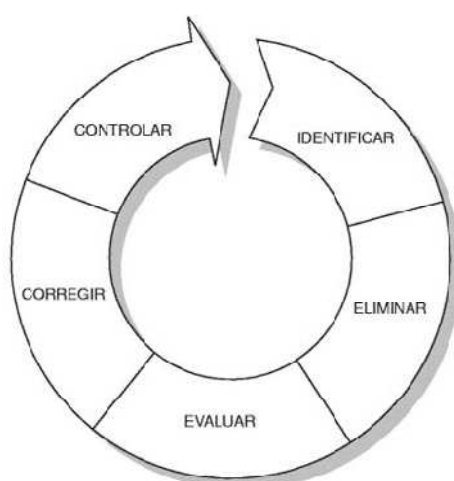


Fig. 2.2. Acción continuada frente a los riesgos laborales. Fuente: [5].

Las medidas preventivas se enmarcan dentro de la estrategia de la empresa para desarrollar una gestión preventiva eficaz. Es necesario establecer un sistema de gestión preventiva, que la Ley de Reforma 54/2003 define como el plan de prevención de riesgos laborales, para garantizar la adopción de una serie de medidas y estrategias de actuación en la propia empresa que aseguren su buen funcionamiento.

Si la implantación del sistema preventivo se realiza correctamente, se consiguen unas condiciones de trabajo saludables y por ello la empresa será más eficiente. Por este motivo, se explica la gestión de la prevención de riesgos laborales que se debe llevar a cabo en una pequeña y mediana empresa.

En la figura 2.3 se muestra la secuencia de pasos a seguir para realizar la construcción del sistema preventivo.



Fig. 2.3. Construcción del sistema preventivo. Fuente: [5].

Finalmente se expone el empleo de una Guía para la Acción Preventiva (GAP) a un caso práctico de exposición a productos químicos durante el proceso de fabricación de circuitos impresos. Este tipo de documento se basa en realizar un cuestionario básico de evaluación a cada trabajador de la empresa con objeto de obtener la información necesaria para relacionar los posibles peligros para la seguridad y la salud de los trabajadores con sus puestos de trabajo y motivarlos hacia un comportamiento más seguro.

3. FABRICACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS

3.1. Introducción

En la actualidad la fabricación de placas de circuito impreso es un ámbito fundamental de la electrónica, ya que este tipo de circuitos es necesario para el funcionamiento de cualquier dispositivo electrónico y por ello se emplean en innumerables aplicaciones. Hay varios métodos para la producción de circuitos impresos entre los que cabe destacar los siguientes:

- La gran mayoría de las tarjetas para circuitos impresos se hacen adhiriendo una capa de cobre sobre todo el sustrato, a veces en ambos lados, creando un circuito impreso virgen y luego retirando el cobre no deseado después de aplicar una máscara temporal, por ejemplo grabándola con percloruro férrico, dejando sólo las pistas de cobre deseado.
- Algunos circuitos impresos son fabricados al agregar las pistas al sustrato, a través de un proceso complejo de electro-recubrimiento múltiple.
- Otros PCB tienen capas con pistas en el interior de éste y por ello reciben el nombre de circuitos impresos multicapas. Éstos son formados al aglomerar tarjetas delgadas que son procesadas de forma separada. Los componentes electrónicos se sueldan a la tarjeta una vez que se han terminado de añadir todas las capas.

Con el objetivo de regular el diseño, ensamblado y control de calidad de cualquier método de fabricación de placas de circuito impreso se ha generado un conjunto de estándares siendo la familia IPC-2220 creada por la Association Connecting Electronics Industries (IPC), una de las de mayor reconocimiento en la industria. Otras organizaciones tales como American National Standards Institute (ANSI), European Institute for Printed Circuits (EIPC), International Engineering Consortium (IEC), Electronic Industries Alliance (EIA), Joint Electron Device Engineering Council (JEDEC) también contribuyen con estándares relacionados.

En la figura 3.1 perteneciente a [6] se muestra un ejemplo de placa de circuito impreso que está integrada en una estación meteorológica como parte de un sistema que puede medir y registrar diferente información como por ejemplo: la temperatura ambiente, la humedad relativa, la velocidad del viento, etc.



Fig. 3.1. Ejemplo de placa de circuito impreso. Fuente: [6].

3.2. Metodología de fabricación

Tal y como se explica en [7], en la fabricación de circuitos impresos se parte siempre de un circuito impreso virgen, es decir, una placa de sustrato recubierta de una capa de cobre a partir de la cual se realizan diferentes procesos.

3.2.1. Patrón de conexiones

En primer lugar, sobre la placa virgen se imprime el patrón de conexiones. Este proceso consiste en definir qué componentes se van a utilizar y dónde van a ser ubicados. Existen varias técnicas para realizar esta tarea:

- La impresión serigráfica utiliza tintas resistentes al grabado para proteger la capa de cobre y los grabados posteriores retiran el cobre no deseado. Alternativamente, la tinta puede ser conductiva y se imprime sobre una tarjeta virgen no conductiva. Esta metodología es la más económica para la fabricación de placas de circuito impreso. Sin embargo, cuando es necesario un error cercano a cero y además producir una serie de circuitos iguales, se complica tener que realizar exactamente el mismo procedimiento para cada circuito.
- El fotograbado utiliza la técnica de fotomecánica y grabado químico para eliminar la capa de cobre del sustrato. La fotomecánica usualmente se prepara con un fotoplotter, a partir de los datos producidos por un programa para el diseño de circuitos impresos. Algunas veces se utilizan transparencias impresas en una impresora Láser como foto-herramientas de baja resolución.

- El fresado de circuitos impresos utiliza una fresa mecánica de 2 o 3 ejes de carburo de tungsteno que presenta un óptimo desempeño en la abrasión y perforación sobre el cobre para quitarlo del sustrato. Una fresa para circuitos impresos funciona de forma similar a un plotter, recibiendo comandos desde un programa que controla el cabezal de la fresa. Los datos para controlar la máquina son generados por el programa de diseño, y son almacenados en un archivo en formato HPGL o Gerber.

Con esta metodología se pueden diseñar circuitos impresos que sean más funcionales y acordes a los parámetros del diseño y se mejora la producción en masa de manera económica, eficiente, segura y rápida por las siguientes causas:

- La herramienta es de bajo coste y fácil adquisición.
 - La repetibilidad en la realización de múltiples impresos es mejorada.
 - Se mejora la calidad de los circuitos impresos ya que el cobre no se ve afectado por sustancias químicas, como el cloruro férrico, resultando óptimas líneas de interconexión entre los dispositivos y mayor duración de éstos.
- La impresión en material termosensible para transferir a través de calor a la placa de cobre. En unas ocasiones se emplea papel glossy (fotográfico), y en otras papel con cera.

3.2.2. Atacado Químico

En caso de haber elegido realizar el patrón de conexiones con la metodología de recubrimiento con tinta o fotograbado, el siguiente proceso es el de atacado químico ya que ambos requieren de un procedimiento en el cual el cobre excedente sea eliminado, quedando únicamente el patrón deseado. El atacado de la placa virgen se puede realizar principalmente de dos maneras:

- Utilizar ácidos o corrosivos para eliminar el cobre excedente.
- Realizar un proceso de galvanoplastia. Este método se basa en el traslado de iones metálicos, en un medio líquido acuoso compuesto fundamentalmente por sales metálicas, desde un ánodo a un cátodo donde se depositan gracias a la electricidad. Funciona de manera más rápida pero con el inconveniente de que es necesario atacar con ácido la placa después del galvanizado, ya que de lo contrario no se elimina todo el cobre.

3.2.3. Perforado

Una vez realizado el patrón de conexiones y llevado a cabo el atacado químico, se realiza el perforado. Las perforaciones o vías del circuito impreso se taladran con pequeñas brocas hechas de carburo tungsteno. El perforado es realizado por maquinaria automatizada, controlada por una cinta de perforaciones o archivo de perforaciones. Estos archivos generados por computador son también llamados taladros controlados por computador (NCD) o archivos Excellon. El archivo de perforaciones describe la posición y tamaño de cada perforación taladrada.

Cuando se requieren vías muy pequeñas, taladrar con brocas es costoso debido a la alta tasa de uso y fragilidad de éstas. En estos casos, las vías pueden ser evaporadas por un láser. Las vías perforadas de esta forma usualmente confieren una terminación de mayor calidad al interior del orificio y se denominan microvías.

También es posible realizar el perforado a través de taladrado con control de profundidad, perforado láser, o pre-taladrando las láminas individuales antes de la laminación para producir perforaciones que conectan sólo algunas de las capas de cobre, en vez de atravesar la tarjeta completa. Estas perforaciones se llaman vías ciegas cuando conectan una capa interna con una de las capas exteriores, o vías enterradas cuando conectan dos capas internas.

Las paredes de los orificios para tarjetas con dos o más capas son metalizadas con cobre para formar orificios metalizados que conectan eléctricamente las capas conductoras del circuito impreso.

3.2.4. Estañado y máscara anti-soldante

El siguiente proceso es el de estañado y máscara anti-soldante. Los pads y superficies en las cuales se montarán los componentes usualmente se metalizan, ya que el cobre al desnudo no se suelda fácilmente. Los conectores de borde que se hacen en los lados de las tarjetas a menudo se metalizan con oro ya que éste no se oxida por lo que tiene una larga vida útil y además ofrece una excelente mojabilidad en la soldadura.

Las áreas que no deben ser soldadas pueden ser recubiertas con un polímero resistente a la soldadura, el cual evita cortocircuitos entre los pines adyacentes de un componente.

Tradicionalmente, todo el cobre expuesto era metalizado con soldadura la cual solía ser una aleación de plomo-estaño. Sin embargo, en la actualidad se están utilizando nuevos compuestos para cumplir con lo expuesto en la directiva 2002/95/CE, de Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RoHS) mostrada en [8], que fue adoptada en febrero de 2003 por la Unión Europea y en España entró en vigor el 1 de julio de 2006. Con esta directiva se restringe el uso de seis materiales peligrosos en la fabricación de varios tipos de equipos eléctricos y electrónicos: plomo, mercurio, cadmio, cromo VI, PBB y PBDE.

Esta directiva está muy relacionada con la directiva que se refleja en [9], la 2002/96/CE de 27 de enero de 2003, de Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) ya que ambas han sido transpuestas al mismo Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de residuos. Con su aprobación se pretende promover el reciclaje, la reutilización y la recuperación de los residuos de estos equipos para reducir su contaminación. Su redacción se ha hecho necesaria debido a que la masiva proliferación mundial de equipos electrónicos ha tenido lugar sin que se desarrollasen, al mismo ritmo, estrategias seguras de actuación sobre los residuos que se generan cuando estos aparatos se desechan. La directiva RAEE busca establecer una legislación para el tratamiento de estos residuos y responsabiliza a los productores de asumir estos costes de gestión de los residuos generados, aunque ello suponga el pago de una tasa de reciclaje por parte del consumidor cuando adquiera el producto eléctrico o electrónico.

De esta forma, si el fabricante está obligado a asumir los costes al final de ciclo de vida del producto, se debe replantear la etapa de diseño con el fin de adaptarla a los requisitos de gestión de residuos y es en esta etapa inicial donde interviene la directiva complementaria RoHS.

Sin embargo, debido a que los objetivos de recogida de residuos se consideran insuficientes y con motivo de disminuir la carga administrativa que supone la presente directiva y clarificar algunos puntos conflictivos de la normativa, se refunde en la Directiva 2012/19/UE, de 4 de julio.

3.2.5. Montaje

El proceso de montaje de una placa de circuito impreso se realiza básicamente de dos formas:

- Montaje *“through hole”*, a través del orificio, en el cual los pines de los componentes se insertan en los orificios que atraviesan la placa de un lado a otro y son fijados eléctrica y mecánicamente a la tarjeta con soldadura. En la figura 3.2 se muestra un ejemplo de este tipo de montaje.

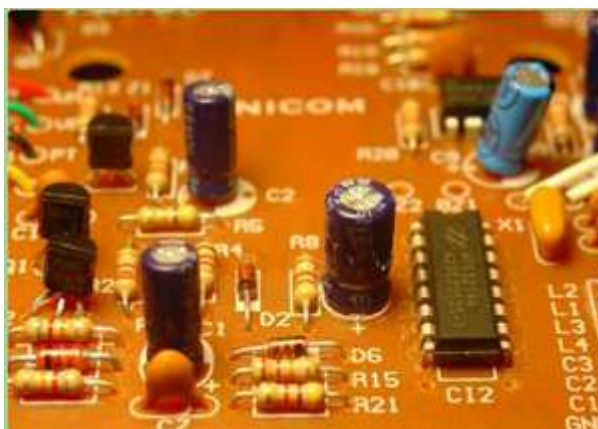


Fig. 3.2. Placa de componentes *“through hole”*. Fuente: [10].

- Montaje superficial o “Surface Mount Technology” (SMT). Se basa en el montaje de los componentes sobre la superficie del circuito impreso sin atravesarlo. Los componentes de este tipo de montaje, llamados dispositivos de montaje superficial o “Surface Mount Device” (SMD), son mucho más pequeños y menos costosos que los “through hole”. Las conexiones se realizan mediante contactos planos, una matriz de esferas en la parte inferior del encapsulado, o terminaciones metálicas en los bordes del componente. En la figura 3.3 se muestra un ejemplo de este tipo de montaje.



Fig. 3.3. Placa de componentes SMD. Fuente: [11].

Los circuitos impresos que son montados siguiendo esta metodología poseen unas superficies planas sin agujeros, hechas normalmente de plomo-estaño (plateadas) o de cobre (doradas), llamadas terminales de soldadura. La pasta de soldadura, que consiste en una mezcla de flux y pequeñas partículas de estaño, se aplica sobre los terminales mediante un proceso de estarcido utilizando plantillas de acero o níquel troquelado. Una vez la placa de circuito impreso ha sido serigrafiada, pasa a una máquina de deposición de control numérico donde un cabezal de herramientas coloca los componentes. Éstos suelen estar empaquetados en rollos y tubos de forma que un alimentador permite a la herramienta succionar cada componente.

Seguidamente, los paneles son transportados a un horno de soldadura por refusión. En la primera zona, de precalentado, la temperatura de la placa así como de los distintos componentes es elevada de forma gradual. En la siguiente zona a mayor temperatura, es donde se produce la fundición de la pasta de soldadura uniendo así los componentes a los terminales de la placa. La tensión superficial del estaño fundido contribuye a que los componentes permanezcan en su posición, incluso que se alineen con los propios terminales del circuito.

Este tipo de tecnología ha superado y remplazado ampliamente a la “through hole” en aplicaciones de producción masiva, de bajo consumo de energía, de baja temperatura y/o de multi-aplicaciones en tamaño reducido ya que permite altos grados de automatización, reduciendo costes e incrementando la producción.

Sin embargo, debido a su reducido tamaño el ensamblado manual de las piezas se dificulta por lo que se necesita mayor automatización en las líneas de producción y

también se requiere la implementación de técnicas más avanzadas de diseño para que los SMD funcionen adecuadamente aún en ambientes con altos índices de interferencias electromagnéticas (EMI).

3.2.6. Pruebas y verificación

Una vez realizado el montaje se procede a realizar diferentes pruebas y verificación del correcto funcionamiento de la placa. Restringir el contenido de plomo en las soldaduras, para cumplir con la directiva 2002/95/CE, requiere cambios costosos en nuevas herramientas para las líneas de ensamblaje y recubrimientos distintos para los terminales de las partes electrónicas. Las alternativas para las soldaduras tienen puntos de fusión más elevados, hasta 260 °C en vez de sólo 215 °C, lo cual requiere de materiales distintos para el empaquetamiento de los circuitos integrados y algunos circuitos impresos.

El sobrecalentamiento también puede afectar a la fiabilidad de algunos semiconductores. Las soldaduras alternativas son más duras resultando grietas generadas por fragilidad en vez de por deformación plástica como lo hace la soldadura Sn-Pb, que es más blanda. Esto tiene un impacto negativo en la fiabilidad a largo plazo y el ciclo de vida del dispositivo. Sin embargo, se ha demostrado que la aleación sin plomo SAC305 tiene una fiabilidad igual o mayor que la aleación Sn-Pb mientras no sea sometida a altas tensiones o ambientes de condiciones extremas.

Además las tarjetas sin componentes pueden ser sometidas a pruebas al desnudo, donde se verifica cada conexión definida en el “*netlist*” de la tarjeta finalizada. Estas pruebas se pueden hacer de formas diferentes:

- Para facilitar las pruebas en producciones de volúmenes grandes, se usa una “cama de pinchos” para hacer contacto con las áreas de cobre u orificios en uno o ambos lados de la tarjeta. Un computador le indica a la unidad de pruebas eléctricas que envíe una pequeña corriente eléctrica a través de cada contacto de la cama de pinchos y que verifique que esta corriente se recibe en el otro extremo del contacto.
- Para volúmenes medianos o pequeños, se utilizan unidades de prueba con un cabezal volante que hace contacto con las pistas de cobre y los orificios para verificar la conectividad de la placa verificada.

3.2.7. Protección y empaquetamiento

Finalmente se realiza un proceso de protección y empaquetamiento. Los circuitos impresos que se utilizan en ambientes extremos usualmente tienen un recubrimiento, el cual se aplica sumergiendo la tarjeta a través de un aerosol después de que los componentes han sido soldados. El recubrimiento previene la corrosión y las corrientes de fuga o cortocircuitos producto de la condensación.

Los primeros recubrimientos utilizados eran ceras pero los recubrimientos modernos están constituidos por soluciones de goma silicosa, poliuretano, acrílico o resina epóxica. Algunos son plásticos aplicados en una cámara al vacío.

Cada uno de los procedimientos anteriores se lleva a cabo en un laboratorio o taller de fabricación de PCB, el cual debe cumplir con lo expuesto en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores en los lugares de trabajo y en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Para ejecutar dichos procesos se emplean diferentes herramientas y máquinas, las cuales deben cumplir con lo establecido en:

- Real Decreto 1495/1986, de 26 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas.
- Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, que deroga el anterior.
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones mínimas de aplicación de las directivas 89/392/CEE y 91/368/CEE, relativas a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, que deroga el anterior y por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

Los procesos que dan lugar a un circuito impreso generan una serie de riesgos que tienen que ser analizados y estudiados con el objetivo de que se puedan tomar las medidas preventivas correspondientes para evitarlos o en su defecto reducirlos, aplicando para ello la legislación existente en materia de prevención de riesgos laborales.

4. RIESGOS

4.1. Introducción

La identificación y evaluación de los riesgos laborales es el procedimiento dirigido a conocer los riesgos que se generan en un determinado proceso para poder reducirlos o evitarlos y estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido ser evitados, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

Si una vez realizada la evaluación, resulta necesaria la adopción de medidas preventivas, deberán ponerse claramente de manifiesto las situaciones en que sea necesario:

- Eliminar o reducir el riesgo, mediante medidas de prevención en el origen, organizativas, de protección colectiva, de protección individual, o de formación e información a los trabajadores.
- Controlar periódicamente las condiciones, la organización y los métodos de trabajo y el estado de salud de los trabajadores.

4.2. Metodología de identificación y evaluación de riesgos

Con el fin de establecer prioridades para la eliminación y control de los riesgos, es necesario disponer de alguna metodología para su evaluación e identificación, puesto que una metodología adecuada permite cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección. Para ello se parte de la detección de las deficiencias existentes en los lugares de trabajo, se estima la probabilidad de que ocurra un accidente y teniendo en cuenta la magnitud esperada de las consecuencias, se evalúa el riesgo asociado a cada una de las deficiencias.

Aunque todos los riesgos pueden ser evaluados y reducidos si se emplean los suficientes recursos, éstos son siempre limitados por lo que en función del rigor científico y del nivel de profundización del análisis que se requiera, se puede elegir entre:

- Métodos simplificados. Forman parte de los análisis preliminares y utilizando éstos de acuerdo a la ley de los rendimientos decrecientes, según la cual cada vez se obtiene menos producción adicional a medida que se añadan cantidades variables de un “input” manteniendo el resto de factores constantes, con pocos recursos se pueden detectar muchas situaciones de riesgo y, en consecuencia, eliminarlas.
- Sistemas complejos. Se llevan a cabo cuando determinar la probabilidad de que ocurra un accidente conlleva realizar un cierto procedimiento. La probabilidad de que suceda un accidente puede ser determinada de manera precisa en función de las

probabilidades del suceso inicial que lo genera y de los sucesos desencadenantes. De esta forma, la probabilidad del accidente será más compleja de determinar cuanto más largo sea el fenómeno que lo genera, ya que habrá que conocer todos los sucesos que intervienen así como las probabilidades de los mismos.

Además, en el concepto probabilidad está integrado el término de exposición de las personas al riesgo puesto que cuanto más tiempo permanezca expuesta una persona a un cierto riesgo, mayor es la probabilidad de que ocurra un accidente.

En cualquier caso siempre hay que definir dos conceptos en un proceso de evaluación e identificación de los riesgos laborales:

- La probabilidad de que determinados factores de riesgo se materialicen en daños.
- La magnitud o consecuencia que los daños pueden ocasionar.

Probabilidad y consecuencias son los dos factores cuyo producto determina el riesgo, el cual se define como el conjunto de daños esperados por unidad de tiempo. La probabilidad y las consecuencias deben necesariamente ser cuantificadas para valorar de una manera objetiva el riesgo. La materialización de un riesgo puede generar consecuencias diferentes, cada una de ellas con su correspondiente probabilidad. Por tanto, el daño esperable promedio de un accidente viene determinado por la ecuación (4.1) según se establece en [12]:

$$\text{Daño esperable} = \sum_i P_i \cdot C_i \quad (4.1)$$

Donde: P_i = probabilidad de que exista un riesgo.
 C_i = consecuencia de que se produzca un riesgo.

Además, en [12] se expone que todo riesgo puede ser representado gráficamente por una curva como la que se muestra en la figura 4.1:

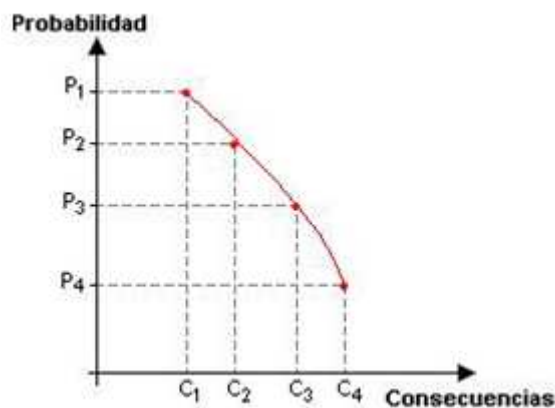


Fig. 4.1. Correspondencia entre probabilidad y consecuencias de un riesgo. Fuente: [12].

A mayor gravedad de las consecuencias previsibles, mayor debe ser el rigor en la determinación de la probabilidad, teniendo en cuenta que las consecuencias del accidente han de ser contempladas tanto desde el aspecto de daños materiales como de lesiones físicas, analizando ambos por separado.

Ante un posible accidente es necesario plantearse cuáles son las consecuencias previsibles, las normalmente esperables o las que pueden acontecer con una probabilidad remota. En la valoración de los riesgos convencionales se consideran las consecuencias normalmente esperables pero, en cambio, en instalaciones muy peligrosas, debido a la gravedad de las consecuencias, es imprescindible considerar las consecuencias más críticas aunque su probabilidad sea baja y por ello, en tales circunstancias, es necesario ser más riguroso en el análisis probabilístico de seguridad.

Por este motivo según queda establecido en [13], se realiza una clasificación de los diferentes niveles de riesgos en función de la probabilidad de que existan y de las consecuencias que puedan ocasionar, tal como se muestra en la tabla 4.1.

		CONSECUENCIAS		
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
PROBABILIDAD	BAJA	RIESGO TRIVIAL 1	RIESGO TOLERABLE 2	RIESGO MODERADO 3
	MEDIA	RIESGO TOLERABLE 2	RIESGO MODERADO 3	RIESGO IMPORTANTE 4
	ALTA	RIESGO MODERADO 3	RIESGO IMPORTANTE 4	RIESGO INTOLERABLE 5

Tabla 4 1. Clasificación de riesgos. Fuente [13].

Sin embargo, la información que nos aporta este método es orientativa, ya que se debe contrastar el nivel de probabilidad del accidente a partir de la deficiencia detectada con el nivel de probabilidad estimable a partir de otras fuentes más precisas, como por ejemplo datos estadísticos de accidentabilidad o de fiabilidad de componentes.

Las consecuencias normalmente esperables han de ser preestablecidas por el ejecutor del análisis. Dado el objetivo de simplicidad que se persigue, no se emplean valores reales absolutos de riesgo, probabilidad y consecuencias, sino sus niveles en una escala de cinco posibilidades. Existe un compromiso entre el número de niveles elegidos, el grado de especificación y la utilidad del método, ya que si se opta por pocos niveles no se puede llegar a discernir entre diferentes situaciones y por otro lado, una clasificación amplia de niveles hace difícil ubicar una situación en uno u otro nivel, sobre todo cuando los criterios de clasificación están basados en aspectos cualitativos.

Una vez detectado y clasificado el riesgo se debe tomar una decisión respecto a las medidas a adoptar para poder evitarlo o en su defecto minimizar al máximo sus consecuencias. Según se establece en [13] las actuaciones a realizar en función del nivel de riesgo que exista quedan reflejadas en la tabla 4.2.

RIESGO	¿Se deben tomar nuevas acciones preventivas?	¿Cuándo hay que realizar las acciones preventivas?
TRIVIAL	No se requiere acción específica.	
TOLERABLE	No se necesita mejorar la acción preventiva. Se deben considerar situaciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.	
MODERADO	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Cuando el riesgo moderado esté asociado a consecuencias extremadamente dañinas, se deberá precisar mejor la probabilidad de que ocurra el daño para establecer la acción preventiva.	Fije un periodo de tiempo para implantar las medidas que reduzcan el riesgo.
IMPORTANTE	Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo.	Si se está realizando el trabajo debe tomar medidas para reducir el riesgo en un tiempo inferior al de los riesgos moderados. NO debe comenzar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo.
INTOLERABLE	Debe prohibirse el trabajo si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos limitados.	INMEDIATAMENTE: No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo.

Tabla 4.2. Medidas preventivas según el nivel de riesgo. Fuente: [13].

El procedimiento de actuación para identificar, evaluar y poder clasificar los riesgos según el criterio anterior es el siguiente:

1. Consideración del riesgo a analizar.
2. Elaboración de un cuestionario de chequeo sobre los factores de riesgo que posibiliten su materialización.
3. Asignación del nivel de importancia a cada uno de los factores de riesgo.

4. Según se establece en [12], se debe cumplimentar el cuestionario de chequeo en el lugar de trabajo y realizar una estimación de la exposición y consecuencias normalmente esperables. En la figura 4.2 se muestra un ejemplo de este tipo de cuestionario.

CUESTIONARIO DE CHEQUEO		SÍ	NO
1. Las herramientas están ajustadas al trabajo a realizar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.1. Las herramientas son de buena calidad.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2. Las herramientas se encuentran en buen estado de limpieza y conservación.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. La cantidad de herramientas disponible es insuficiente en función del proceso productivo y personas.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Existen lugares y/o medios idóneos para la ubicación ordenada de las herramientas (paneles, cajas.....)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Cuando no se utilizan las herramientas cortantes o punzantes, se disponen con los protectores adecuados.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Se observan hábitos correctos de trabajo.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.1. Los trabajos se hacen de manera segura, sin sobreesfuerzos o movimientos bruscos.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.2. Los trabajadores están adiestrados en el manejo de herramientas.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3. Se usan equipos de protección personal cuando se pueden producir riesgos de proyecciones.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
CRITERIOS DE VALORACIÓN			
Se valorará la situación como MUY DEFICIENTE cuando se haya respondido NO a una o más de las cuestiones: 5, 5.2, 5.3.			
Se valorará la situación como DEFICIENTE cuando no siendo muy deficiente, se haya respondido negativamente a la cuestión 1.			
Se valorará la situación como MEJORABLE cuando no siendo muy deficiente ni deficiente se haya respondido negativamente a una o más de las cuestiones: 1.1, 1.2, 2, 3, 5.1.			
Se valorará la situación como ACEPTABLE en los demás casos.			

Fig. 4.2. Ejemplo de cuestionario de chequeo. Fuente: [12].

5. Estimación del nivel de deficiencia del cuestionario aplicado según se muestra en la tabla 4.3.

Nivel de deficiencia	ND	Significado
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable (B)	—	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora.

Tabla 4 3. Clasificación del nivel de deficiencia. Fuente: [12].

Se denomina nivel de deficiencia (ND) a la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente.

6. Estimación del nivel de probabilidad a partir del nivel de deficiencia y del nivel de exposición al riesgo según se muestra en las tablas 4.5 y 4.6.

El nivel de exposición (NE) es una medida de la frecuencia con la que se da la exposición al riesgo. Para un riesgo concreto, el nivel de exposición se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas de trabajo, operaciones con máquina, etc.

Los valores numéricos, como puede observarse en la figura 4.4 son ligeramente inferiores al valor que alcanzan los niveles de deficiencias, ya que si la situación de riesgo está controlada, una exposición alta no debiera ocasionar, en principio, el mismo nivel de riesgo que una deficiencia alta con exposición baja.

Nivel de exposición	NE	Significado
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo.
Esporádica (EE)	1	Irregularmente.

Tabla 4 4. Clasificación del nivel de exposición a un riesgo. Fuente: [12].

La probabilidad de que ocurra un accidente es el resultado de dos factores:

- La frecuencia con la que puede presentarse esa situación, ya que cuantas más veces se presente, más oportunidades se dan para que tenga lugar.
- La posibilidad de que se den juntas todas las circunstancias necesarias para que se produzca el daño.

A la hora de establecer la probabilidad de que se produzca un accidente, se deben considerar las acciones preventivas ya implantadas de forma que cuantas más medidas se tomen, más baja es la probabilidad de que se produzcan los daños.

Según se establece en [12], en función del nivel de deficiencia de las medidas preventivas y del nivel de exposición al riesgo, se determina el nivel de probabilidad (NP), el cual se puede expresar como el producto de ambos términos, tal como se muestra en la ecuación (4.2).

(4.2)

$$NP = ND \times NE$$

		Nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de deficiencia (ND)	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

Tabla 4 5. Obtención del nivel de probabilidad de un riesgo. Fuente: [12].

Nivel de probabilidad	NP	Significado
Muy alta (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alta (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral.
Media (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Baja (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

Tabla 4 6. Clasificación del nivel de probabilidad de un riesgo. Fuente: [12].

7. Contraste del nivel de probabilidad a partir de datos históricos disponibles.
8. Estimación del nivel de riesgo (NR) a partir del nivel de probabilidad y del nivel de consecuencias de un riesgo según se muestra en la tabla 4.8, en la que también se establece la agrupación de los niveles de riesgo que originan los niveles de intervención y su significado.

Para la clasificación del nivel de consecuencias (NC) se establecen dos ramas diferenciadas:

- Los daños físicos.
- Los daños materiales.

Ambos significados deben ser considerados independientemente, teniendo más peso los daños a personas que los daños materiales. Se ha evitado establecer una traducción monetaria de éstos últimos, dado que su importancia es relativa en función del tipo de empresa y de su tamaño.

Como puede observarse en la tabla 4.7, la escala numérica de consecuencias es muy superior a la de probabilidad debido a que el factor consecuencias debe tener siempre un mayor peso en la valoración. También hay que tener en cuenta que cuando se habla de las consecuencias de los accidentes, se trata de las normalmente esperadas en caso de materialización del riesgo.

Nivel de consecuencias	NC	Significado	
		Daños personales	Daños materiales
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación)
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria (I.L.T.)	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Tabla 4.7. Clasificación del nivel de consecuencias de un riesgo. Fuente: [12].

Según se establece en [12], el nivel de riesgo viene determinado por el producto del nivel de probabilidad por el nivel de consecuencias tal como se muestra en la ecuación (4.3).

$$NR = NP \times NC \quad (4.3)$$

		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4000-2400	I 2000-1200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	II 240 III 120
	25	I 1000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

Tabla 4 8. Clasificación del nivel de riesgo. Fuente: [12].

9. Establecimiento de los niveles de intervención considerando los resultados obtenidos y su justificación socio-económica, según se muestra en la tabla 4.9.

Nivel de intervención	NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica. Corrección urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control.
III	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.

Tabla 4 9. Clasificación de los niveles de intervención. Fuente: [12].

Los niveles de intervención obtenidos tienen un valor orientativo. Para priorizar un programa de inversiones y mejoras, es imprescindible introducir la componente económica y el ámbito de influencia de la intervención. Así, ante unos resultados similares, está más justificada una intervención prioritaria cuando el coste sea menor y la solución afecte a un colectivo de trabajadores mayor. Por otro lado, no hay que olvidar el sentido de importancia que den los trabajadores a los diferentes problemas. La opinión de los trabajadores no sólo ha de ser considerada, sino que su consideración redundará ineludiblemente en la efectividad del programa de mejoras.

10. Contraste de los resultados obtenidos con los estimados a partir de fuentes de información precisas y de la experiencia.

Es conveniente, una vez se tiene una valoración del riesgo, contrastar estos resultados con datos históricos de otros estudios realizados. Además de conocer la precisión de los valores obtenidos se puede comprobar la evolución de los mismos y si las medidas correctoras, desde que se aplicaron, han resultado adecuadas.

Una vez explicada y desarrollada una metodología para identificar y evaluar riesgos laborales, se procede a explicar los diferentes riesgos asociados a cada uno de los procesos que tienen lugar durante la fabricación de un circuito impreso.

4.3. Riesgos asociados a la manipulación de productos químicos peligrosos

En la elaboración de circuitos impresos y más concretamente, en el proceso de revelado de placas, se utilizan con frecuencia productos químicos peligrosos que se clasifican como corrosivos, irritantes, nocivos, etc., tales como:

- Hidróxido sódico (NaOH) el cual actúa como revelador.
- Ácidos clorhídrico (HCl) y sulfúrico (H₂SO₄) y cloruro férrico (FeCl₃) que actúan como atacantes.
- Derivados del estaño para el acabado.

Al tratar con este tipo de productos químicos los trabajadores se ven expuestos a diferentes riesgos y enfermedades profesionales, tal como queda expuesto en el grupo 1 del anexo 1 del Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre.

La evaluación de los riesgos da como resultado que éstos son causados o agravados por las siguientes causas:

- Desconocimiento de las características de peligrosidad de las sustancias.
- Sustancias sin identificar.
- Almacenamientos inadecuados prolongados.
- Falta de disponibilidad de fichas de datos de seguridad.
- Desconocimiento de métodos y procedimientos de trabajo.
- Contaminación ambiental por mantener abiertos o mal cerrados los envases de productos químicos, por una insuficiente ventilación, por no utilizar los equipos de aspiración, extracción, etc. o hacer un mal uso de los mismos.
- Empleo de material inadecuado o de mala calidad.
- Malos hábitos de trabajo.

Por este motivo, es de obligado cumplimiento la normativa de referencia en materia de prevención de riesgos derivados de la utilización de productos químicos:

- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Real Decreto 1254/1999, de 16 de Julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

4.4. Riesgos relacionados con la soldadura

La soldadura que se emplea en electrónica, y por tanto para la fabricación de PCB, corresponde al tipo conocido como soldadura eléctrica por resistencia basada en el efecto Joule. Según se establece en [14] y como se muestra en la ecuación (4.4) el calor necesario para fundir el metal que interviene en la operación, generalmente estaño, es el que se produce al calentarse un electrodo que actúa como resistencia eléctrica cuando le pasa una determinada intensidad de corriente durante un tiempo determinado.

$$Q = I^2 \times R \times t \times 0,24 \quad (4.4)$$

Donde:

- Q = caudal de intensidad de corriente de una soldadura eléctrica.
- I = intensidad de corriente que circula por el electrodo.
- R = resistencia eléctrica.
- t = tiempo que circula la corriente por el electrodo.

Este tipo de soldadura presenta dos tipos de riesgo:

- Riesgo de accidente.
 - El contacto eléctrico directo puede producirse en el circuito de alimentación por deficiencias de aislamiento en los cables flexibles o las conexiones a la

red o a la máquina y en el circuito de soldadura cuando está en vacío (tensión superior a 50 V).

- El contacto eléctrico indirecto puede producirse con la carcasa de la máquina por algún defecto de tensión.
- Las proyecciones en ojos y las quemaduras pueden tener lugar por proyecciones de partículas debidas al propio arco eléctrico y las piezas que se están soldando o al realizar operaciones de descascarillado.
- La explosión e incendio puede originarse por trabajar en ambientes inflamables o en el interior de recipientes que hayan contenido líquidos inflamables o bien al soldar recipientes que hayan contenido productos inflamables.

➤ Riesgos higiénicos.

- La exposición a radiación ultravioleta y luminosa.
- La inhalación de humos y gases tóxicos producidos por el arco eléctrico es muy variable en función del tipo de revestimiento del electrodo o gas protector y de los materiales base y de aporte y puede consistir en exposición a humos (óxidos de hierro, cromo, manganeso, cobre, etc.) y gases (óxidos de carbono, de nitrógeno, etc).
- Intoxicación por fosgeno cuando se efectúan trabajos de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas con dichos productos.

4.5. Riesgos derivados del mecanizado de las placas

El proceso de mecanizado de una placa de circuito impreso consiste en proporcionar a la placa del tamaño y forma adecuados para adaptarla al diseño de circuito realizado por el ingeniero. Este proceso comprende:

- El corte de la placa para dotarla del tamaño apropiado.
- En caso de realizar un procedimiento de corte mecánico, por ejemplo al usar una sierra eléctrica, los riesgos asociados son: el corte con la propia máquina, la proyección de partículas y el contacto eléctrico.

- En caso de utilizar una máquina de corte por láser, los riesgos asociados son la exposición a rayos UV y el contacto eléctrico. En la figura 4.3 se muestra un ejemplo de este tipo de máquinas.



Fig. 4.3. Máquina de corte láser de circuitos impresos. Fuente: [15].

- El perforado o taladrado de la placa para acoplar los pines de los componentes. Los principales riesgos de este proceso son:
 - Golpes y cortes tanto con la propia máquina como con el material a taladrar.
 - Atrapamiento con partes móviles de la máquina.
 - Proyección de fragmentos o partículas: virutas, esquirlas, etc.
 - Contactos eléctricos.

Tanto en el procedimiento de corte como en el de perforado se emplea maquinaria que genera otro tipo de riesgo: el riesgo de exposición al ruido. En este aspecto hay que cumplir con lo establecido en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, que deroga el anterior Real Decreto 1316/1989.

La evaluación de los riesgos derivados de la exposición al ruido se basa, como norma general, en una medición de los niveles de ruido existentes establecidos en [16]. Asimismo, la evaluación de riesgos debe actualizarse cuando cambien las condiciones de trabajo y en función de los daños para la salud que se produzcan, según el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Al realizar la evaluación de los riesgos se determina que las principales causas de los accidentes laborales producidos por el mecanizado de los circuitos impresos son:

- Selección inadecuada de la broca y de la sierra, mala calidad, mal estado de conservación o adaptación defectuosa de las mismas.
- Utilización inadecuada de la máquina, como por ejemplo utilizar velocidades superiores a lo que soporta la herramienta, dirección inadecuada del taladrado o corte y soltar la máquina antes de que esté completamente parada, lo que puede dar lugar a contactos involuntarios con la herramienta o a la rotura de la misma.
- Esfuerzos excesivos ejercidos sobre la máquina que pueden bloquear la máquina.
- Materiales a taladrar y cortar propensos a la emisión de partículas, virutas, etc.
- Posturas inadecuadas o trabajo en posición inestable.
- Defectos en el cable de alimentación y tomas de corriente inadecuadas.
- No respetar los niveles de ruido establecidos por el Real Decreto 286/2006.

4.6. Riesgo eléctrico

La principal fuente de energía para la preparación de dispositivos y equipos electrónicos es la energía eléctrica, cuya frecuente utilización y difícil detección por los sentidos provoca cierta falta de previsión y, por consiguiente, los accidentes eléctricos.

El riesgo eléctrico, según el RD 614/2001, de 8 de junio, es aquel originado por la energía eléctrica, quedando específicamente incluidos los riesgos de:

- Choque eléctrico por contactos con elementos en tensión (contacto eléctrico directo) o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Quemaduras por choque eléctrico o por arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

4.7. Riesgo de incendio

Las instalaciones eléctricas y equipos electrónicos pueden dar origen a incendios de la llamada clase “E”, que corresponden a los tipos de fuegos en presencia de tensión eléctrica o “fuegos eléctricos”. Se conocen con esta denominación aquellos incendios que se originan en

instalaciones o equipos eléctricos o tienen lugar en presencia de tensión eléctrica superior a 25 voltios.

Son muy diversas las causas que pueden originar un fuego en una instalación eléctrica o equipo electrónico. Algunas de las más frecuentes son:

- Aislamientos en mal estado.
- Existencia de aceites y grasas sobre los cables.
- Proximidad o contacto de los cables con sustancias corrosivas.
- Fusibles fundidos.
- Espacios de ventilación obstruidos por la suciedad.
- Conexiones flojas en terminales que causantes de recalentamientos y formación de arcos.
- Partes flojas que pueden producir cortocircuitos o fugas a tierra.
- Cortocircuitos por entrada de agua, aceite o suciedad en las cajas de los interruptores.

5. MEDIDAS PREVENTIVAS

Una vez analizados y evaluados los distintos factores de riesgo a los que se ven sometidos los trabajadores al realizar cada uno de los procesos para la fabricación de un circuito impreso, se determinan las medidas preventivas correspondientes a cada caso aplicando la normativa y legislación existentes, con el objetivo de mejorar la seguridad, salud e higiene en las condiciones de trabajo.

5.1. Uso de productos químicos peligrosos

5.1.1. Reglamentos REACH y CLP

Durante mucho tiempo se han fabricado y comercializado en Europa un gran número de sustancias, a veces en cantidades muy elevadas, sin información suficiente sobre los riesgos que representan para la salud humana y el medio ambiente. Por este motivo, hay una gran necesidad de llenar estos vacíos de información para garantizar que la industria es capaz de evaluar los peligros y riesgos de las sustancias, e identificar y aplicar las medidas de gestión del riesgo para proteger a los seres humanos y el medio ambiente.

Como consecuencia se realiza la elaboración y aprobación del Reglamento de la Comunidad Europea sobre productos químicos y su uso seguro siguiendo la normativa 1907/2006. Se trata de la Restricción, Evaluación y Autorización de Sustancias Químicas (REACH). Según queda reflejado en [17] el objetivo de REACH es mejorar la protección de la salud humana y el medio ambiente a través de la identificación mejor y más temprana de las propiedades intrínsecas de las sustancias químicas. Al mismo tiempo, tiene como objetivo mejorar la innovación y la competitividad de la industria química de la UE.

El Reglamento REACH impone una mayor responsabilidad a la industria para gestionar los riesgos de los productos químicos y para proporcionar información de seguridad sobre las sustancias. Los fabricantes e importadores están obligados a recopilar información sobre las propiedades de sus sustancias químicas, lo que permite su correcta manipulación y registrar la información en una base de datos central gestionada por la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (ECHA) en Helsinki.

La Agencia actúa como punto central en el sistema REACH: administra las bases de datos necesarias para el funcionamiento del sistema, coordina la evaluación a fondo de las sustancias químicas sospechosas y construye una base de datos pública en la que los consumidores y los profesionales pueden encontrar información sobre riesgos.

El Reglamento también prevé la sustitución progresiva de las sustancias químicas más peligrosas cuando las alternativas adecuadas han sido identificadas.

Por otro lado, el 3 de febrero de 2009 entró en vigor el nuevo reglamento europeo 1272/2008 sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de sustancias y mezclas químicas (CLP). Como se muestra en [18], con este nuevo reglamento se introduce en la Unión Europea un nuevo sistema para clasificar y etiquetar los productos químicos que se basa en el Sistema Globalmente Armonizado de las Naciones Unidas (SGA). El reglamento CLP es modificado por el Reglamento (CE) 790/2009 como primera adaptación al progreso técnico y científico. Modifica y deroga las directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y también modifica el Reglamento 1907/2006 (REACH).

Los objetivos del reglamento CLP son:

- Incrementar la protección de las personas y el medio ambiente al facilitar un sistema entendible en el ámbito internacional para la comunicación del peligro.
- Proporcionar una base reconocida internacionalmente sobre la que los países sin capacidad propia de establecimiento de un sistema puedan actuar.
- Reducir la necesidad de realizar ensayos y evaluaciones de los productos químicos.
- Facilitar el comercio internacional de productos químicos, puesto que ya han sido evaluados e identificados, siguiendo una norma establecida a nivel internacional.

En la figura 5.1 se muestra un esquema sobre cómo se entrelaza la diferente normativa y reglamentación europea en referencia a las sustancias químicas.

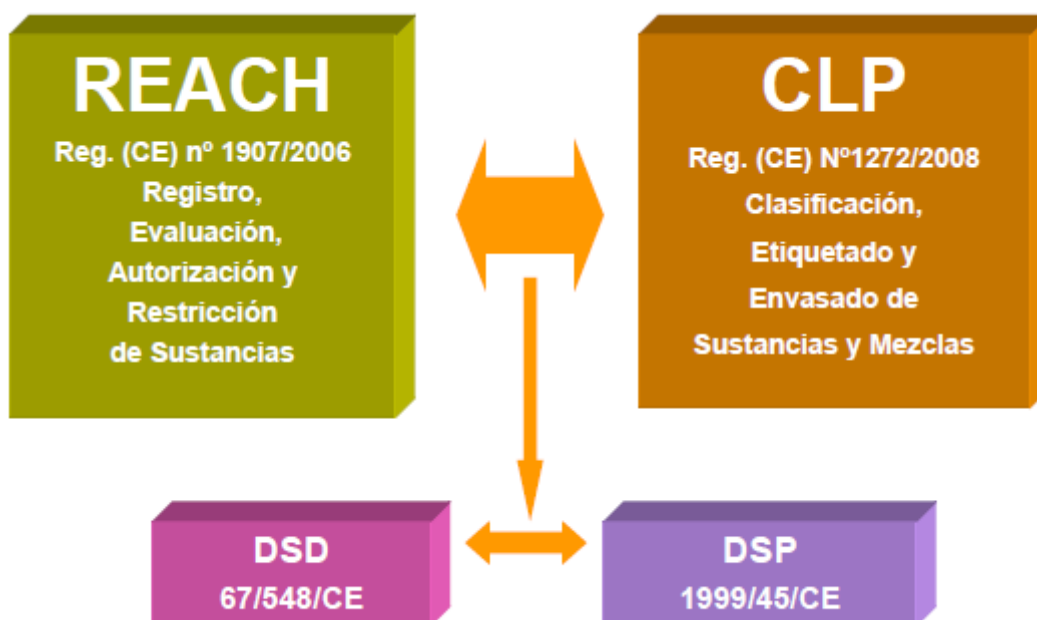


Fig. 5.1. Reglamento europeo sobre sustancias químicas. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Manipulación de productos químicos

5.1.2.1 Identificación de productos químicos

Para la correcta manipulación de los productos químicos peligrosos es imprescindible que el trabajador sepa identificar los distintos riesgos intrínsecos a su naturaleza, a través de la señalización que establece el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre declaración de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Dicho texto legal ha sufrido diversas modificaciones, como el Real Decreto 99/2003, de 24 de enero o la última modificación que se establece en el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero por la cual se aprueba el nuevo Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

El citado Reglamento distingue las 15 categorías diferentes de sustancias peligrosas, que se indican seguidamente:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| • Explosivos | • Corrosivos |
| • Comburentes | • Irritantes |
| • Extremadamente inflamables | • Sensibilizantes |
| • Fácilmente inflamables | • Carcinógenos |
| • Inflamables | • Mutágenos |
| • Muy tóxicos | • Tóxicos para la reproducción |
| • Tóxicos | • Peligrosos para el medio ambiente |
| • Nocivos | |

Para facilitar al trabajador la identificación de los riesgos que conlleva el manejo de estas sustancias, el Reglamento ha previsto la obligatoriedad de poner en el etiquetado unos pictogramas en negro sobre fondo amarillo-naranja alusivos a su peligrosidad, tal como se muestra en la figura 5.2.



Fig. 5.2. Pictogramas que indican diferentes peligros. Fuente: [14].

5.1.2.2 Atmósfera en el lugar de trabajo

Con el objetivo de garantizar que el trabajador que se encuentre en un lugar destinado a la fabricación de circuitos impresos no contraiga enfermedades derivadas de la inhalación de agentes químicos perjudiciales para la salud, se debe cumplir la norma UNE-EN 689 respecto a la atmósfera en el lugar de trabajo. Se deben satisfacer sus directrices conforme a la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites ambientales y las estrategias de muestreo.

Los valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire que representan las condiciones a las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día durante toda su vida laboral sin sufrir efectos adversos para su salud, son los valores límite ambientales (VLA) que según se establece en [19] se calculan mediante la ecuación (5.1).

$$VLA \left[\frac{mg}{m^3} \right] = \frac{VLA [ppm] \times \text{Peso Molecular} [g]}{24,04 [L]} \quad (5.1)$$

Donde: 24,04 = Volumen molar del agente químico en condiciones estándar.

No se habla en términos absolutos puesto que, debido a la amplitud de las diferencias de respuesta existentes entre los individuos, basadas tanto en factores genéticos como en hábitos de vida, un pequeño porcentaje de trabajadores puede experimentar molestias a concentraciones inferiores a los valores límite ambientales.

Otro valor importante es la exposición diaria (ED), que se define como la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida de forma ponderada con respecto al tiempo en el que se encuentra expuesto, para una jornada laboral estándar de ocho horas diarias. Esto implica considerar el conjunto de las distintas

exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de ocho horas.

Según se establece en [19], este valor se calcula con la ecuación 5.2.

$$ED = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{8} \quad (5.2)$$

Donde: C_i = concentración del agente químico.

t_i = tiempo en horas de exposición al agente químico.

5.1.2.3 Manipulación de productos químicos

Para realizar el envasado y trasvase de los productos químicos utilizados en la elaboración de circuitos impresos se deben tener en cuenta unas precauciones básicas, que deben incluir aspectos tales como:

- Identificación de la sustancia peligrosa.
- Riesgos para el usuario y el medio ambiente.
- Medidas de protección y pautas de comportamiento.
- Primeros auxilios a aplicar en caso de accidente.
- Condiciones de disposición y eliminación de residuos.

Cuando sea necesario trasvasar un producto químico, cualquiera que fuere su naturaleza, desde el contenedor original hasta las cubas de revelado o a otro recipiente más pequeño, se lleva a cabo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Evitar que se produzcan salpicaduras.
- Trabajar bajo campana extractora durante el trasvase de productos y durante el proceso de revelado, tal como se muestra en la figura 5.3.



Fig. 5.3. Campana de extracción y lavaojos de emergencia. Fuente: [14].

- Hacer uso de los equipos de protección individual (EPI) que se muestran en la figura 5.4, conforme a lo que se establece en el Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual y en el Real Decreto 159/1995, que modifica el Real Decreto 407/1992 por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación de los equipos de protección individual.
 - Botas de protección.
 - Ropa de protección.
 - Gafas panorámicas de seguridad o pantalla facial.
 - Guantes de goma o nitrilo resistentes a la acción de los agentes corrosivos.
 - Mascarilla provista de filtro adsorbente.



Fig. 5.4. EPI para trasvasar un producto químico. Fuente: Elaboración propia.

- Como medida adicional, siempre que se produzcan gases y no se disponga de campana, se aconseja mantener las ventanas abiertas para favorecer la ventilación del lugar de trabajo

- No succionar con la boca para hacer el vacío a través de un tubo, cuando se pretenda trasvasar líquidos de un recipiente a otro. Si el contenedor original es muy grande y dispone de grifo, el trasvase se efectúa por gravedad, abriéndolo lentamente. Si carece de este dispositivo, se utiliza una bomba de vacío especialmente diseñada para este fin.
- Una vez trasvasado el producto al recipiente de destino, se etiqueta éste de igual modo que el envase original. En el caso de que se produzca un derrame o vertido accidental, se procede del siguiente modo:
 - Si se trata de un sólido, se recoge por aspiración evitando el barrido ya que podría originar la dispersión del producto por la atmósfera del local.
 - Si el vertido es un líquido, se protegen los desagües, se trata con materiales absorbentes, como la tierra de diatomeas, y se deposita en recipientes adecuados para eliminarlo como residuo.
 - Cuando se trate de un ácido, primeramente se neutraliza con carbonato o hidróxido cálcico y a continuación se recoge con serrín, arena o material adsorbente.
 - Cuando el vertido sea un álcali como la sosa, se neutraliza con ácido acético y se recoge igualmente con serrín, arena o material adsorbente.

5.1.3. Gestión de residuos

La manipulación de productos químicos lleva aparejada la generación de unos residuos que es preciso tratar adecuadamente, según se establece en [20] con la Ley 22/2011, de 29 de Julio, de residuos y suelos contaminados. Esta nueva ley deroga la anterior Ley 10/1998 de Residuos y transpone la Directiva 2008/98/CE de 19 de noviembre de 2008. Su objetivo es la regulación de la gestión de los residuos y el régimen jurídico de los suelos contaminados, modificando el marco regulatorio interno para adaptarlo al derecho comunitario y para mejorar el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos en España.

La Ley 22/2011 introduce una serie de principios que deben dirigir la política de residuos a establecer por las administraciones con competencias en la materia, y que son la base sobre la radica el nuevo enfoque contenido en esta nueva ley:

- El primer principio es el de protección de la salud humana y del medio ambiente, lo que se traduce en la necesidad de adopción por parte de las administraciones públicas competentes de medidas para que la gestión de residuos no suponga un peligro para la salud humana o el medio ambiente.

- El segundo principio es el de jerarquía en la política de residuos. La norma establece como regla a seguir por las administraciones competentes en sus políticas en materia de prevención y gestión de residuos, un orden de prioridad para las distintas actividades de gestión de residuos que no establecía la Ley 10/1998.
 - En primer lugar se encuentra la actividad de prevención, es decir la dirigida a adoptar medidas destinadas a reducir la cantidad de residuos generados, los impactos adversos generados por los residuos y el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.
 - En segundo lugar se encuentra la actividad de preparación para la reutilización de los residuos, siendo reutilización cualquier operación mediante la cual productos o componentes de productos que no sean residuos se utilicen de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos.
 - El tercer lugar lo ocupa la actividad de reciclado, entendida como la transformación de los residuos de nuevo en materiales, productos o sustancias.
 - El cuarto lugar lo ocupa la valorización, incluyendo la valorización energética, es decir cualquier operación cuyo resultado sea que el residuo sirva para una finalidad útil al sustituir a otros materiales que, de otro modo, se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general.
 - La eliminación de residuos, definida de manera residual como cualquier operación que no sea la valorización, constituye la última opción dentro de la gestión de residuos.
- El último principio de esta ley establece que los costes de la gestión de residuos son responsabilidad del productor inicial, poseedor actual o anterior poseedor, según el caso. Sin embargo, no puede calificarse de novedoso que los costes de la gestión de los residuos generados se trasladen al productor, ya que semejante previsión ya estaba recogida en otras normas como el Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, que regula la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

5.1.4. Fichas de seguridad

Siempre que se precise información acerca de la naturaleza y modo de empleo de los productos utilizados en el área de trabajo, conviene recurrir a las llamadas fichas de seguridad. Estos documentos, que deben ser facilitados obligatoria y gratuitamente por los fabricantes y

proveedores de los productos utilizados, ofrecen la información necesaria para manipularlos de la manera apropiada. La obligación legal de entregar estas fichas al usuario de productos químicos, por parte del fabricante o importador de éstos, se establece en el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

De acuerdo con lo establecido en su artículo 13, la ficha de seguridad debe redactarse, al menos, en la lengua española oficial del Estado incluyendo obligatoriamente los siguientes 16 epígrafes:

- 1.** Identificación del preparado y del responsable de su comercialización.
- 2.** Composición/información sobre los componentes.
- 3.** Identificación de los peligros.
- 4.** Primeros auxilios.
- 5.** Medidas de lucha contra incendios.
- 6.** Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.
- 7.** Manipulación y almacenamiento.
- 8.** Controles de exposición/protección individual.
- 9.** Propiedades físicas y químicas.
- 10.** Estabilidad y reactividad.
- 11.** Informaciones toxicológicas.
- 12.** Informaciones ecológicas.
- 13.** Consideraciones sobre la eliminación.
- 14.** Informaciones relativas al transporte.
- 15.** Informaciones reglamentarias.
- 16.** Otras informaciones.

En el anexo 1 se muestra un ejemplo de una ficha de seguridad perteneciente a cloruro férrico extraída de [25].

5.2. Soldadura

Se adoptan los siguientes sistemas de protección y prevención respecto de los riesgos asociados a la soldadura de placas de circuito impreso.

5.2.1. Contactos eléctricos directos e indirectos.

- La máquina de soldar puede protegerse mediante dos sistemas:
 - Electromecánico. Consiste en introducir una resistencia en el primario del transformador de soldadura, conocida como resistencia de absorción, para limitar la tensión en el secundario cuando está en vacío.
 - Electrónico. Se basa en limitar la tensión de vacío del secundario del transformador introduciendo un TRIAC en el circuito primario del grupo de soldadura.

Según queda establecido en [21], en ambos casos se consigue una tensión de vacío del grupo de 24 V, considerada tensión de seguridad. En la figura 5.5 se muestra el esquema de ambos circuitos.

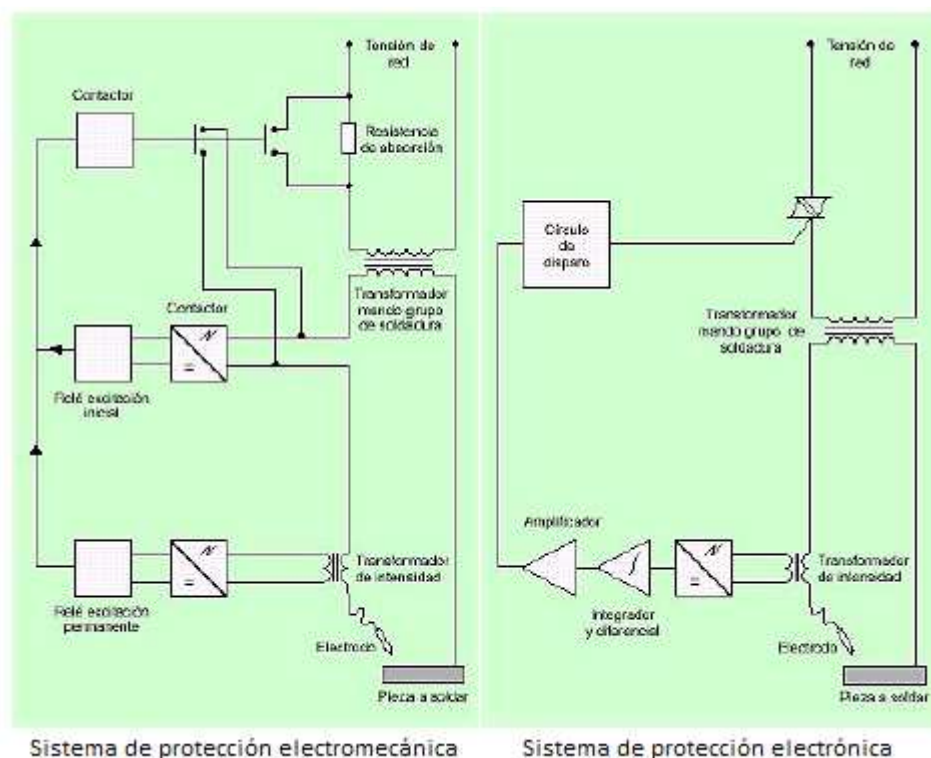


Fig. 5.5. Circuitos de protección para una máquina de soldar. Fuente: [21].

- Pinza porta-electrodos. La pinza debe ser la adecuada al tipo de electrodo utilizado y que además sujete fuertemente los electrodos. Por otro lado debe estar bien equilibrada por su cable y fijada al mismo de modo que mantenga un buen contacto.
- Circuito de acometida. Los cables de alimentación deben ser de la sección adecuada para no dar lugar a sobrecalentamientos. Su aislamiento será suficiente para una tensión nominal mayor de 1000 V. Los bornes de conexión de la máquina y la clavija de enchufe deben estar aislados.
- Circuito de soldadura. Los cables del circuito de soldadura al ser más largos deben protegerse contra proyecciones incandescentes, grasas, aceites, etc., para evitar arcos o circuitos irregulares.
- Carcasa. Debe conectarse a una toma de tierra asociada a un interruptor diferencial que corte la corriente de alimentación en caso de que se produzca una corriente de defecto.

5.2.2. Radiaciones ultravioleta y luminosas.

Las medidas preventivas deben ser principalmente las siguientes:

- Se deben utilizar mamparas de separación de puestos de trabajo para proteger al resto de operarios. Debe estar hecha de un material opaco o translúcido robusto y la parte inferior debe estar al menos a 50 cm del suelo para facilitar la ventilación.
- El soldador debe utilizar una pantalla facial con certificación de calidad para este tipo de soldadura, utilizando el visor de cristal inactínico cuyas características varían en función de la intensidad de corriente empleada. Para cada caso se utilizará un tipo de pantalla, filtros y placas filtrantes que deben reunir una serie de características función de la intensidad de soldeo. Los factores de transmisión de los filtros utilizados para la soldadura y las técnicas relacionadas vienen relacionados en la Tabla 1 de la ISO 4850. En las pantallas deberá indicar clara e indeleblemente la intensidad de la corriente en amperios para la cual está destinada.

5.2.3. Proyecciones y Quemaduras

Se deben emplear mamparas metálicas de separación de puestos de trabajo para que las proyecciones no afecten a otros operarios. El soldador debe utilizar pantalla de protección. El filtro de cristal inactínico debe ser protegido mediante la colocación en su parte anterior de un cristal blanco.

5.2.4. Exposición a humos y gases

Se debe instalar un sistema de extracción localizada por aspiración que capta los vapores y gases en su origen con dos precauciones:

- Instalar las aberturas de extracción lo más cerca posible del lugar de soldadura.
- Evacuar el aire contaminado hacia zonas donde no pueda contaminar el aire limpio que entra en la zona de operación. A continuación se describen cuatro formas de instalar sistemas de extracción localizada:
 - La campana móvil es un sistema de aspiración mediante conductos flexibles. Hace circular el aire sobre la zona de soldadura a una velocidad de al menos 0,5 m/s. Es muy importante situar el conducto lo más cerca posible de la zona de trabajo.
 - La mesa con aspiración descendente consiste en una mesa con una parrilla en la parte superior. El aire es aspirado hacia abajo a través de la parrilla hacia el conducto de evacuación. La velocidad del aire debe ser suficiente para que los vapores y los gases no contaminen el aire respirado. Las piezas no deben ser demasiado grandes para no cubrir completamente el conducto e impedir el efecto de extracción.
 - Un recinto acotado consiste en un lugar con techo y dos lados que acotan el lugar donde se ejecutan las operaciones de soldadura. El aire fresco llega constantemente al recinto. Este sistema hace circular el aire a una velocidad mínima de 0,5 m/s. Los conductos de extracción, situados a ambos lados de la estructura, constan de una entrada de gas inerte que circula por un tubo hacia la zona de soldadura y luego junto con los vapores y gases es conducido por un tubo de salida hacia la cámara de extracción y después al sistema de evacuación.
 - Cuando la soldadura se efectúe en recintos cerrados de pequeñas dimensiones y sin ventilación, el soldador debe estar equipado con un equipo autónomo o con suministro de aire desde el exterior que además cumplirá con la protección contra las radiaciones.

5.2.5. Otras medidas preventivas

El montaje seguro de un puesto de trabajo de soldadura eléctrica requiere tener en cuenta otros medios de protección y prevención según se establece en [21].

- Puesta a tierra. La instalación de las tomas de la puesta a tierra se debe hacer según las instrucciones del fabricante. Es preciso asegurarse de que el chasis del puesto de

trabajo está puesto a tierra controlando en especial las tomas de tierra y no utilizar para las tomas de la puesta a tierra conductos de gas, líquidos inflamables o eléctricos.

La toma de corriente y el casquillo que sirve para unir el puesto de soldadura a la fuente de alimentación deben estar limpios y exentos de humedad. Antes de conectar la toma al casquillo se debe cortar la corriente. Una vez conectada se debe permanecer alejado de la misma. Cuando no se trabaje se deben cubrir con capuchones la toma y el casquillo.

- Conexiones y cables. Se debe instalar el interruptor principal cerca del puesto de soldadura para en caso necesario poder cortar la corriente. Instalar los principales cables de alimentación en alto y conectarlos posteriormente.

Desenrollar el cable del electrodo antes de utilizarlo, verificando los cables de soldadura para comprobar que su aislamiento no ha sido dañado y los cables conductores para descubrir algún hilo desnudo. Verificar asimismo los cables de soldadura en toda su longitud para comprobar su aislamiento, comprobando que el diámetro del cable de soldadura es suficiente para soportar la corriente necesaria. Hay que tener en cuenta que a medida que la longitud total del cable aumenta, disminuye su capacidad de transporte de corriente, por lo que en algunos casos se debe aumentar el grosor del cable.

- Los equipos de protección individual siguiendo lo dispuesto en el Real Decreto 773/1997 y en el Real Decreto 159/1995, se muestran en la figura 5.6.
 - Pantalla de protección de la cara y ojos.
 - Guantes de cuero de manga larga con las costuras en su interior.
 - Calzado de seguridad tipo bota, preferiblemente aislante.
 - La ropa de trabajo será de pura lana o algodón ignífugo. Las mangas serán largas con los puños ceñidos a la muñeca; además llevará un collarín que proteja el cuello. Es conveniente que no lleven bolsillos y en caso contrario deben poderse cerrar herméticamente. Los pantalones no deben tener dobladillo, pues pueden retener las chipas producidas, pudiendo introducirse en el interior del calzado de seguridad.



Fig. 5.6. EPI para soldar PCB. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Mecanizado

Con el fin de evitar los accidentes que se derivan del manejo de herramientas que intervienen en el mecanizado de una placa de circuito impreso, se debe cumplir con lo establecido en los Reales Decretos anteriormente citados, referentes a disposiciones de seguridad en las máquinas: Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre y Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre.

5.3.1. Medidas frente al ruido

Como ya se ha mencionado anteriormente, el manejo de las diferentes herramientas y máquinas que nos permiten llevar a cabo el proceso de mecanizado de una placa provocan que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados del ruido como consecuencia de los trabajos de corte y perforado. Por esto, hay que cumplir con lo dispuesto en el Real Decreto 286/2006 cuya principal finalidad es eliminar el ruido en origen o reducirlo al nivel más bajo posible atendiendo a los avances técnicos disponibles y a la disponibilidad de medidas, y no limitarse únicamente a cumplir con los valores de referencia establecidos en el artículo 5 del presente Real Decreto.

Según se establece en [16] y como se muestra en la figura 5.7 se establecen unos valores límite superior e inferior de exposición al ruido y unos valores límite de exposición con protector auditivo que dan lugar a una acción preventiva en caso necesario.

INFERIOR $L_{Aeq,d}=80\text{dB(A)}$ $L_{pico}=135\text{dB(C)}$	SUPERIOR $L_{Aeq,d}=85\text{dB(A)}$ $L_{pico}=137\text{dB(C)}$	VALORES LÍMITE $L'_{Aeq,d}=87\text{dB(A)}$ $L'_{pico}=140\text{dB(C)}$ <i>siendo $L' = L - \text{atenuación protector auditivo}$</i>
---	---	---

Fig. 5.7. Valores límite de exposición al ruido. Fuente: [16].

En función del intervalo en el que se encuentre el nivel de ruido, en [16] se establecen una serie de actuaciones preventivas recogidas en la figura 5.8.

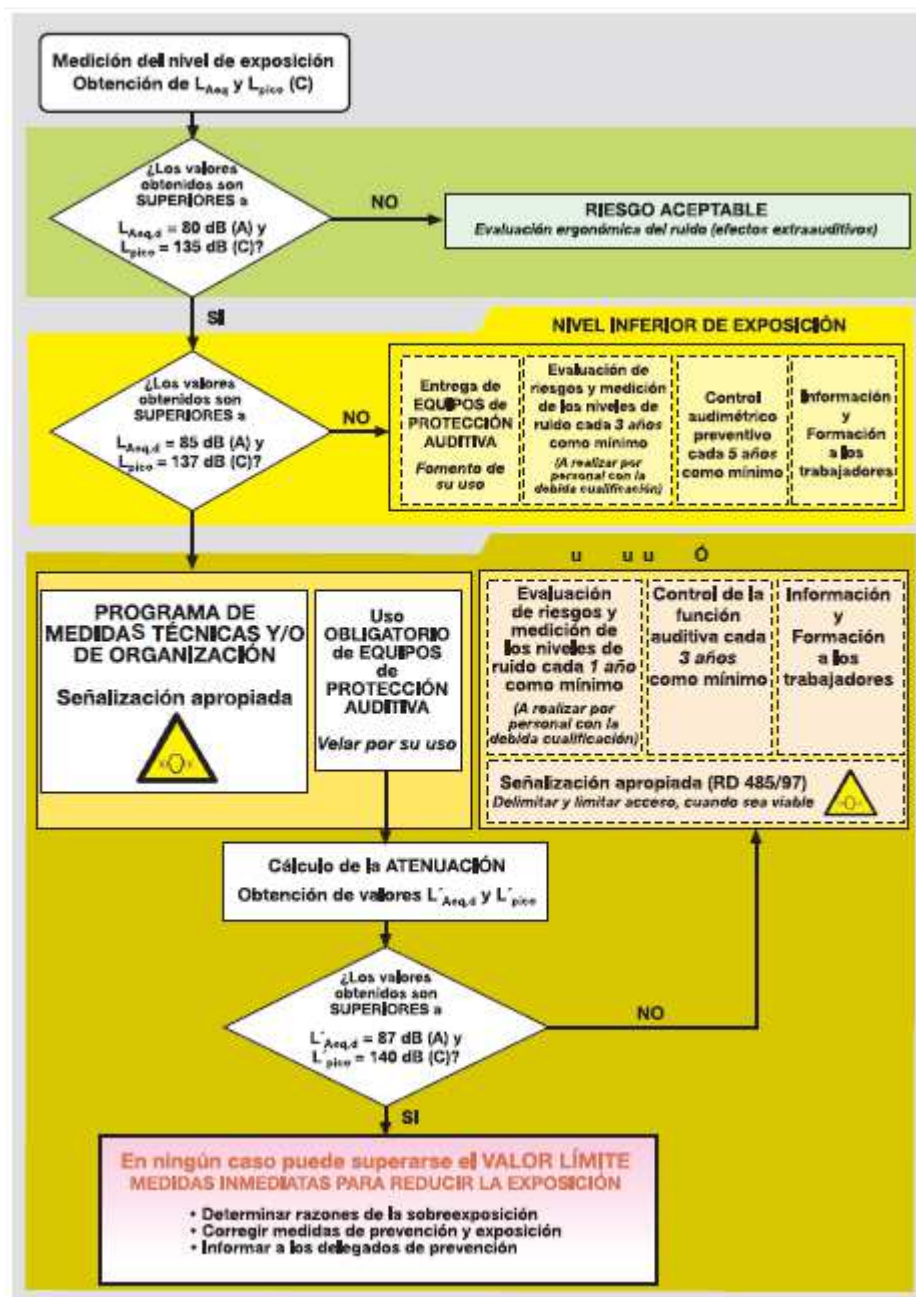


Fig. 5.8. Medidas preventivas frente al ruido. Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Medidas para taladrado y corte

Por lo que concierne al taladrado de placas, los accidentes que se producen tienen su origen en el bloqueo y rotura de la broca, así como en una mala sujeción de la pieza que al soltarse del soporte gira a gran velocidad pudiendo producir contusiones y cortes.

Como primera medida de precaución, deben utilizarse brocas bien afiladas y cuya velocidad óptima de corte corresponda a la de la máquina en carga. Durante la operación de taladrado, la pieza deberá estar bien fijada al soporte correspondiente. Asimismo, la presión ejercida sobre la herramienta debe ser la adecuada para conservar la velocidad en carga tan constante como sea posible, evitando presiones excesivas que propicien el bloqueo de la broca y con ello su rotura.

Siguiendo lo dispuesto en el Real Decreto 773/1997 y en el Real Decreto 159/1995, los equipos de protección individual para el mecanizado de una placa de circuito impreso deben ser los siguientes:

- En operaciones de taladrado, tal como se muestra en la figura 5.9, se incluye la pantalla facial de seguridad, los protectores auditivos y las botas protectoras. No se deben utilizar guantes y ropas flojas, para evitar el riesgo de atrapamiento y enrollamiento de la tela.



Fig. 5.9. EPI en operaciones de taladrado. Fuente: Elaboración propia.

- En operaciones de corte de las placas, los equipos de protección individual son los expresados en la figura 5.10.



Fig. 5.10. EPI en operaciones de corte. Fuente: Elaboración propia.

Además se deben cumplir las siguientes medidas de prevención básicas:

- Conservación de las herramientas en buenas condiciones de uso.
- Utilización de las herramientas adecuadas a cada tipo de trabajo que se vaya a realizar.
- Cualificación apropiada de los trabajadores en el manejo de estos elementos de trabajo.
- Transporte adecuado y seguro, protegiendo los filos y puntas y manteniéndolas ordenadas, limpias y en buen estado, en el lugar destinado a tal fin.

5.4. Riesgo eléctrico

La seguridad absoluta frente al riesgo eléctrico no existe, pero es posible mantener un margen razonable de protección aplicando las medidas preventivas pertinentes según se establece en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Puesto que los distintos procesos que se llevan a cabo para la fabricación de circuitos impresos tienen lugar en una instalación eléctrica de baja tensión, ésta debe cumplir con lo dispuesto en el Real Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) junto con sus instrucciones técnicas complementarias y modificaciones posteriores. Éste se deroga por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, según queda expresado en [22].

El presente reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, con la finalidad de:

- Preservar la seguridad de las personas y los bienes.
- Asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.
- Contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.

Los accidentes eléctricos revisten una elevada gravedad como resultado de la electrización o, en su expresión más severa, de la electrocución. Entre los efectos más importantes que la electricidad provoca en el organismo, cabe señalar: la tetanización muscular o anulación de la capacidad del músculo para separarse del punto de contacto, la asfixia, el paro respiratorio, la

fibrilación ventricular o contracción desordenada de las fibras cardíacas ventriculares y las quemaduras de diverso grado.

Tales efectos dependen de múltiples factores técnicos y humanos, de entre los cuales cabe resaltar los siguientes:

- La intensidad de la corriente que pasa por el organismo humano.
- El tiempo de contacto o de exposición.
- La tensión aplicada.
- La resistencia eléctrica del cuerpo.
- La trayectoria de la corriente por el organismo.
- La frecuencia de la corriente.
- Las condiciones fisiológicas del accidentado.
- El nivel de formación e información del trabajador.
- La conducta incorrecta de los accidentados u otras personas.
- Los defectos de las herramientas, equipos de trabajo e instalaciones.
- Las infracciones de las normas de seguridad.

Las medidas preventivas que se llevan cabo frente a los riesgos eléctricos están enmarcadas en diferentes ámbitos según se refleja en [14].

5.4.1. Técnicas informativas

Las técnicas de prevención informativas que se pueden aplicar en los trabajos que supongan un riesgo eléctrico pueden ser:

- De procedimiento. Tratan de establecer métodos operativos seguros de carácter general o específico para cada actividad u operación de trabajo.
- De señalización. Se basan en el emplazamiento de las oportunas señales de advertencia, precaución, prohibición o información en los lugares de trabajo con riesgo eléctrico.

- De detección e identificación. Consisten en identificar convenientemente y comprobar la tensión en las instalaciones eléctricas, antes de actuar sobre ellas.
- Instructivas. Con ellas se pretende conseguir la formación y adiestramiento de los trabajadores expuestos al riesgo eléctrico, indicando la forma correcta de utilización de los equipos, herramientas, instalaciones, simbología y señalización.

5.4.2. Seguridad en los trabajos sin tensión

Para asegurar la ausencia de tensión en los trabajos que así lo requieran, se deben tener en cuenta las siguientes medidas:

- Supresión de la tensión, en cinco etapas básicas:
 - Desconectar la parte de la instalación en la que se va a realizar el trabajo.
 - Prevenir cualquier retroalimentación, preferentemente por bloqueo del mecanismo de maniobra.
 - Verificar la ausencia de tensión de todos los elementos activos de la instalación eléctrica en la zona de trabajo.
 - Puesta a tierra y en cortocircuito.
 - Protección frente a elementos cercanos en tensión y establecimiento de una señalización de seguridad.
- Reposición de la tensión una vez finalizado el trabajo, siguiendo los pasos que se detallan:
 - Retirada de las protecciones adicionales y de la señalización en la zona de trabajo.
 - Retirada de la puesta a tierra y en cortocircuito.
 - Desbloqueo y retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
 - Cierre de los circuitos para reponer la tensión.

En el caso particular de trabajos en instalaciones con condensadores que permitan una acumulación peligrosa de energía, se recomienda actuar del siguiente modo:

- Separación segura de las fuentes de tensión por desconexión, mediante corte visible o verificaciones fiables de la ausencia de tensión.
- Utilización de un circuito de descarga en los bornes de los condensadores durante el tiempo necesario.
- Puesta a tierra y en cortocircuito de los condensadores.

Es necesario tener especial cuidado con los aparatos de medida portátiles que pueden llegar a provocar cortocircuitos y arcos eléctricos en el punto de medición de las instalaciones, debido a fallos internos o a errores en las conexiones.

5.4.3. Seguridad en los trabajos con tensión

En las instalaciones de baja tensión, los valores de voltaje pueden alcanzar 1000V en corriente alterna y 1500V en corriente continua. Los trabajos en tensión requieren el seguimiento riguroso de un procedimiento de trabajo que incluya las medidas de seguridad adecuadas según se establece en el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Además, deben ser realizados por trabajadores cualificados, que tengan en cuenta las recomendaciones siguientes:

- Las zonas de trabajo deben señalizarse y delimitarse correctamente para evitar el paso de personas ajenas al trabajo que se realiza.
- Los trabajadores no deben llevar objetos conductores como pulseras, relojes, cadenas o cierres de cremalleras metálicos.
- Para evitar el contacto del trabajador con elementos que tengan un potencial diferente al suyo se deben utilizar:
 - Accesorios aislantes para recubrir las partes activas y las masas.
 - Útiles y dispositivos aislantes o aislados como herramientas, pinzas, etc.
 - Equipos de protección individual homologados: guantes, gafas y cascos aislantes.
- El trabajo se realiza bajo la dirección y vigilancia de un responsable de la actividad con suficiente cualificación.
- En instalaciones con riesgo de incendio o explosión:
 - Solo intervienen trabajadores autorizados y con suficiente cualificación.

- Se limita y controla la presencia de sustancias inflamables y la aparición de focos de ignición.
- Sólo se utilizan equipos específicamente concebidos para operar en atmósferas explosivas.
- Antes de realizar el trabajo, se verifica el estado y la adecuación de los medios de extinción al tipo de fuego.

5.4.3.1 Protección contra contactos eléctricos directos

Esta protección consiste en tomar medidas destinadas a proteger a las personas contra los peligros que puedan derivarse de un contacto con las partes activas de los dispositivos eléctricos, como son:

- Recubrimiento aislante de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Interposición de obstáculos.
- Alejamiento de las partes activas.
- Protección complementaria mediante dispositivos de corriente diferencial-residual.

5.4.3.2 Protección contra contactos eléctricos indirectos

El contacto indirecto es aquel que se produce con algún elemento que no forma parte del circuito diseñado para no llevar tensión, partes o piezas metálicas de equipos y accesorios denominadas masas, pero que accidentalmente pueden estar en tensión como resultado de un defecto de aislamiento o de inversión de un conductor de protección con un conductor activo.

Entre las medidas recomendadas para minimizar este riesgo se encuentran las siguientes:

- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección.
- Recubrimiento de las masas con elementos de protección.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Separación de circuitos.
- Disposición aislada de los elementos conductores.

- Utilización de pequeñas tensiones de seguridad: 50V en emplazamientos secos y 24V en los húmedos.

5.4.4. Riesgo eléctrico con herramientas portátiles

La utilización de herramientas eléctricas portátiles conlleva ciertos peligros debido al estrecho contacto con el trabajador y a la posible ejecución de maniobras sobre emplazamientos conductores. Es necesario, por tanto, tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Para los trabajos en recintos muy conductores o húmedos, estas herramientas deben ser de doble aislamiento, alimentadas a través de transformadores de separación de circuitos.
- Deben ser protegidas con interruptores diferenciales de alta sensibilidad: 30mA en locales secos y 10mA en locales húmedos o conductores.
- La tensión de alimentación no debe exceder los 250V con relación a tierra.
- Sus conductores eléctricos están sometidos a torsiones, abrasión, cortes, etc., por lo cual deben ser flexibles y con aislamiento reforzado de 440V de tensión nominal como mínimo.

En cuanto a las precauciones a tomar con respecto a la fuente de alimentación, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Estado de la toma de corriente y del interruptor.
- Estado del prolongador (posibles daños en el aislamiento).
- Conexión a un cuadro eléctrico montado por un instalador cualificado, que disponga de interruptor diferencial de corte de alta sensibilidad y dispositivos de protección contra sobrecorrientes.
- Avisar al supervisor o persona responsable para sustituir la máquina en caso de:
 - Aparición de chispas y arcos eléctricos
 - Sensación de descarga
 - Olores extraños
 - Calentamiento anormal de la máquina

De modo general, al utilizar un aparato o instalación eléctrica es necesario considerar los siguientes factores:

- Evitar el contacto de los conductores con productos corrosivos o fuentes de calor e impedir los posibles cortes por útiles afilados. No pisarlos ni tirar de ellos al desconectar las clavijas de enchufe o para desplazar los aparatos eléctricos.
- Verificar que los enchufes tienen el mismo número de patillas que los aparatos eléctricos que se conectarán a ellos. Utilizar sólo tomas de corriente adaptadas al cable de alimentación del aparato.
- No maniobrar con cables dañados, clavijas de enchufes resquebrajadas ni aparatos con desperfectos en las carcasas protectoras.
- No modificar la regulación de los órganos de mando ni de los dispositivos de seguridad, como los interruptores automáticos contra sobreintensidad o contra el aumento de la temperatura.
- No mojar los dispositivos eléctricos. En ambientes húmedos, asegurarse de que las instalaciones y aparatos eléctricos cumplen las prescripciones descritas para estos casos.
- Al terminar el trabajo, desconectar los cables de alimentación y los prolongadores.
- Reemplazar los fusibles fundidos por otros del mismo modelo y calibre.

5.4.5. Equipos de protección individual

Los equipos de protección personal o individual (EPI) permiten la realización del trabajo sin molestias innecesarias para el trabajador y no dispensan en ningún caso de la obligación de emplear medios preventivos de carácter general según establece el Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual y el Real Decreto 159/1995 que modifica el Real Decreto 407/1992 por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación de los equipos de protección individual.

Dado que los trabajadores pueden verse afectados por las altas temperaturas de un arco eléctrico accidental o por una electrización, siempre que sea necesario deberán hacer uso de EPI, teniendo en cuenta que:

- Los EPI destinados a proteger parcial o totalmente el cuerpo del trabajador posean un grado de inflamabilidad y de aislamiento, acordes con el tipo de riesgo previsible; deben llevar marcado CE, el pictograma apropiado y las letras acreditativas de su resistencia frente al calor, las llamas y la tensión de utilización.

- Las gafas se seleccionarán en función de los riesgos de choque o impacto de partículas o cuerpos sólidos, la posible salpicadura de metales fundidos y la exposición a radiaciones ultravioletas.
- El calzado de trabajo puede ser:
 - Conductor: con un límite de resistencia eléctrica de 100 KΩ.
 - Antiestático: con un límite de resistencia eléctrica situado entre 100 KΩ, y 1000 KΩ.
 - Aislante: cuyo valor de resistencia se sitúa entre 100 KΩ y el infinito.
- Los cascos de seguridad deben ser de material aislante indicado en su superficie y ensayados bajo tensión eléctrica.

En caso de que fallen las medidas de protección colectivas e individuales y se produjese un accidente eléctrico, es necesario resaltar que para socorrer a la víctima se deben considerar los siguientes aspectos:

- No debe tocar ni aproximarse a la persona en contacto con elementos en tensión o masas accidentalmente puestas en tensión, sin antes interrumpir el paso de la corriente en la zona del siniestro.
- Si no resultase posible cortar la corriente en muy poco tiempo, proceder inmediatamente a separar al afectado utilizando elementos aislantes (pértiga, listón, alfombra, tabla, etc.). Evitar los daños colaterales en el accidentado, como golpes y cortes por caídas o por la proximidad de objetos punzantes.
- Una vez puesto fuera de peligro el trabajador, llamar al teléfono 78888 de la UPV.

5.5. Riesgo de incendio

La normativa que se debe cumplir es la siguiente:

- O.M. de 16 de abril de 1998 sobre normas de procedimiento y desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, sobre el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, modificación del anterior.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en establecimientos industriales.

En el caso de producirse un conato de incendio de clase “E”, la primera medida a tomar es cortar el suministro eléctrico y seguidamente, utilizar un agente extintor no conductor. Jamás debe utilizarse agua para intentar extinguir un fuego de esta clase, ya que existe riesgo grave de electrocución.

Los agentes extintores recomendados para esta clase de fuegos son aquellos que actúan por sofocación, eliminando el oxígeno (comburente). Entre dichos agentes cabe señalar:

- Dióxido de carbono o nieve carbónica. Es un gas inerte, más pesado que el aire. Cuando se disipa no deja residuo, por lo que no daña los equipos electrónicos delicados.
- Polvo seco normal. Es eficaz para esta clase de fuegos, pero el residuo que deja puede dañar los equipos de precisión.
- Sustitutos de los halones: FM200, ARGÓN, INERGEN, etc. Resultan eficaces para este tipo de incendios y no dejan residuo.

6. GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN

6.1. Introducción del sistema preventivo

La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales con ayuda del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y modificado por el Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, también desarrollan la gestión de la prevención en la empresa, es decir, cómo se va a organizar la acción preventiva dentro de la empresa, con sus distintas modalidades, representantes y órganos.

La prevención de riesgos laborales, como actuación a desarrollar en el seno de la empresa, debe integrarse en su sistema general de gestión, comprendiendo tanto al conjunto de las actividades como a todos sus niveles jerárquicos a través de la implantación y aplicación de un plan de prevención de riesgos laborales. La integración de la prevención en el conjunto de las actividades de la empresa implica que debe proyectarse en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones en que éste se preste. Su integración en todos los niveles jerárquicos de la empresa implica la atribución a todos ellos, y la asunción por éstos, de la obligación de incluir la prevención de riesgos en cualquier actividad que realicen u ordenen y en todas las decisiones que adopten.

Los trabajadores y sus representantes también deben contribuir a la integración de la prevención de riesgos laborales en la empresa y colaborar en la adopción y el cumplimiento de las medidas preventivas a través de la participación que se reconoce a los mismos en el capítulo V de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. La participación incluye la consulta acerca de la implantación y aplicación del Plan de prevención de riesgos laborales de la empresa, la evaluación de los riesgos y la consiguiente planificación y organización preventiva en su caso, así como el acceso a la documentación correspondiente, en los términos señalados en los artículos 33 y 36 de la Ley 31/1995.

6.2. Documentación del sistema de prevención

El Sistema de Prevención de Riesgos Laborales, de acuerdo con la legislación, ha de estar debidamente documentado. Los procedimientos de las diferentes actividades preventivas constituyen un recurso básico para lograr que los diferentes miembros de la organización se impliquen en la prevención y ésta se integre en la actividad laboral, hecho que resulta imprescindible para estimular, formar y controlar el cumplimiento de los objetivos de la empresa.

La documentación del sistema preventivo debe estar a disposición de la autoridad competente y de las entidades acreditadas, las cuales realizan auditorías reglamentarias cada cinco años en aquellas empresas que no tengan concertada toda la acción preventiva con un

servicio de prevención ajeno o que estén exoneradas por razón de tamaño e inexistencia de riesgos. Los documentos son los siguientes:

- Manual de la prevención.
- Procedimientos de actuación.
- Instrucciones.
- Registros.

Las empresas de hasta 50 trabajadores que no desarrollen actividades del anexo I del Real Decreto 337/2010 pueden reflejar en un único documento el plan de prevención de riesgos laborales, la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva. Este documento debe ser de extensión reducida y fácil comprensión, y debe estar plenamente adaptado a la actividad y tamaño de la empresa así como establecer las medidas operativas pertinentes para realizar la integración de la prevención en la actividad de la empresa, los puestos de trabajo con riesgo y las medidas concretas para evitarlos o reducirlos, jerarquizadas en función del nivel de riesgos, así como el plazo para su ejecución.

6.3. Plan de prevención de riesgos laborales

El Plan de prevención de riesgos laborales es la herramienta a través de la cual se integra la actividad preventiva de la empresa en su sistema general de gestión y se establece su política de prevención de riesgos laborales. Debe ser aprobado por la dirección de la empresa, asumido por toda su estructura organizativa y conocido por todos sus trabajadores. Debe reflejarse en un documento que se conserve a disposición de la autoridad laboral, de las autoridades sanitarias y de los representantes de los trabajadores, e incluir con la amplitud adecuada a la dimensión y características de la empresa los siguientes elementos:

- La identificación de la empresa, de su actividad productiva, el número y características de los centros de trabajo y el número de trabajadores y sus características con relevancia en la prevención de riesgos laborales.
- La estructura organizativa de la empresa, identificando las funciones y responsabilidades que asume cada uno de sus niveles jerárquicos y los respectivos cauces de comunicación entre ellos, en relación con la prevención de riesgos laborales.
- La organización de la producción en cuanto a la identificación de los distintos procesos técnicos y las prácticas y los procedimientos organizativos existentes en la empresa, en relación con la prevención de riesgos laborales.

- La organización de la prevención en la empresa, indicando la modalidad preventiva elegida y los órganos de representación existentes.
- La política, los objetivos y metas que en materia preventiva pretende alcanzar la empresa, así como los recursos humanos, técnicos, materiales y económicos de los que va a disponer al efecto.

Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del Plan de prevención de riesgos laborales son la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva, que el empresario debe realizar en la forma que se determina en el artículo 16 de la Ley 31/1995 y en el Real Decreto 39/1997 con las modificaciones introducidas en este ámbito por el Real Decreto 337/2010.

6.4. Organización de la acción preventiva

6.4.1. Clasificación

La actividad preventiva de la empresa se desarrolla a través de alguna de las modalidades previstas en el capítulo III del Real Decreto 39/1997, en función de las características propias de la empresa tales como la actividad que desarrolla, el número de trabajadores, la formación y capacidad del empresario y/o trabajadores y las obligaciones legales existentes.

Las modalidades organizativas que la empresa tiene a su disposición son:

- Asumir la prevención el propio empresario.
- Designar a trabajadores.
- Constituir un servicio de prevención propio.
- Constituir un servicio de prevención mancomunado, atendiendo al Real Decreto 688/2005, de 10 de junio, por el que se regula el régimen de funcionamiento de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social como servicio de prevención ajeno.

En la tabla 6.1 se muestra la organización preventiva que puede adoptar una empresa en función del número de trabajadores que tenga, según aparece reflejado en [23].

Nº TRABAJADORES	DELEGADOS PREVENCIÓN	COMITÉ SEG. Y SALUD	SERVICIO DE PREVENCIÓN
1-5	-	NO	Empresario/Trabajador/S. P. ajeno
6-30	1 (Delegado de Personal)	NO	Trabajador /S.P. ajeno
31-49	1	NO	Trabajador/S.P. ajeno
50-100	2	Si	Trabajador/ S. P. ajeno
101-250	3	Si	Trabajador / S. P. ajeno
251-500	3	Si	Trabajador /S.P. propio(2)/S.P. ajeno
501-1000	4	Si	S.P. propio/S.P. ajeno
1001-2000	5	Si	S.P. propio/S.P. ajeno
2001-3000	6	Si	S.P. propio/S.P. ajeno
3001-4000	7	Si	S.P. propio/S.P. ajeno
> 4000	8	Si	S.P. propio/S.P. ajeno
(1) Las empresas que cuenten con varios centros de trabajo dotados de Comité de Seguridad y Salud podrán acordar con sus trabajadores la creación de un Comité Intercentros.			
(2) Para empresas que pertenezcan al ANEXO I del Reglamento de los Servicios de Prevención (RD 39/1997)			

Tabla 6 1. Organización preventiva en función del nº de trabajadores. Fuente: [23].

Las modalidades de organización preventiva reguladas por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y por el Reglamento de los Servicios de Prevención tienen que ser establecidas por la empresa ajustándose a los términos que exige la Ley referidos al servicio de prevención, delegado de prevención y comité de Seguridad y Salud.

➤ Delegados de Prevención.

- Su número depende del número de trabajadores de la empresa.
- Son designados por y entre los representantes del personal.
- Recibirán la formación necesaria para el ejercicio de sus funciones.
- Tienen acceso a la información de las condiciones de trabajo.
- Comprueban el cumplimiento de la normativa de prevención.
- Son consultados por el empresario para las medidas preventivas.

➤ Comité de Seguridad y Salud.

- Es el órgano paritario y colegiado de participación destinado a la consulta regular y periódica de las actividades de las empresas en materia de prevención.
- Formado en igual número por los delegados de prevención, de una parte, y por el empresario y/o sus representantes de la otra.
- Se constituyen en empresas o centros de trabajo con 50 o más trabajadores.

- Participa en la elaboración, puesta en práctica y evaluación de los planes de prevención.
- Informa a la empresa de las deficiencias existentes y de su corrección.
- Conoce y analiza los daños para la salud de los trabajadores.

En la figura 6.1 se muestra un esquema de la organización de la seguridad y salud una empresa.



Fig. 6.1. Organización de la seguridad y salud en una empresa. Fuente: Elaboración propia.

6.4.2. Definición de la política preventiva

La empresa tiene que establecer claramente una política preventiva, la cual debe estar constituida por las directrices y objetivos generales de la organización relativos a la prevención de riesgos laborales y debe estar formalmente expresada por la Dirección. Además, se han de determinar funciones y responsabilidades en este campo. El empresario debe efectuar una declaración de principios para demostrar su compromiso por unas adecuadas condiciones de trabajo y este interés tiene que demostrarse con hechos tales como:

- La asignación de medios y recursos económicos.
- La visita periódica a los lugares de trabajo.
- Realizar reuniones habituales de trabajo donde se traten temas de prevención de riesgos laborales.
- Interesarse por los accidentes para evitar su repetición.

6.4.2.1 Implantación de un sistema de calidad

La empresa que desarrolla un sistema normalizado de calidad tiene más facilidad de desarrollar eficazmente un sistema de Prevención de riesgos laborales y viceversa. La calidad,

definida como la aptitud de un producto o servicio para satisfacer las necesidades explícitas o potenciales de los usuarios, es el resultado de las calidades del conjunto de acciones complementarias y sinérgicas de todas las funciones de la empresa. Ello implica que la calidad de un producto o servicio sólo es alcanzable si todas y cada una de las etapas de producción, desde el diseño del producto hasta la comercialización del mismo, poseen el nivel de calidad adecuado.

En la figura 6.2 se muestra un esquema de la calidad que debe adoptar una empresa en sus diferentes actuaciones para alcanzar el concepto de calidad total, según se expone en [5].

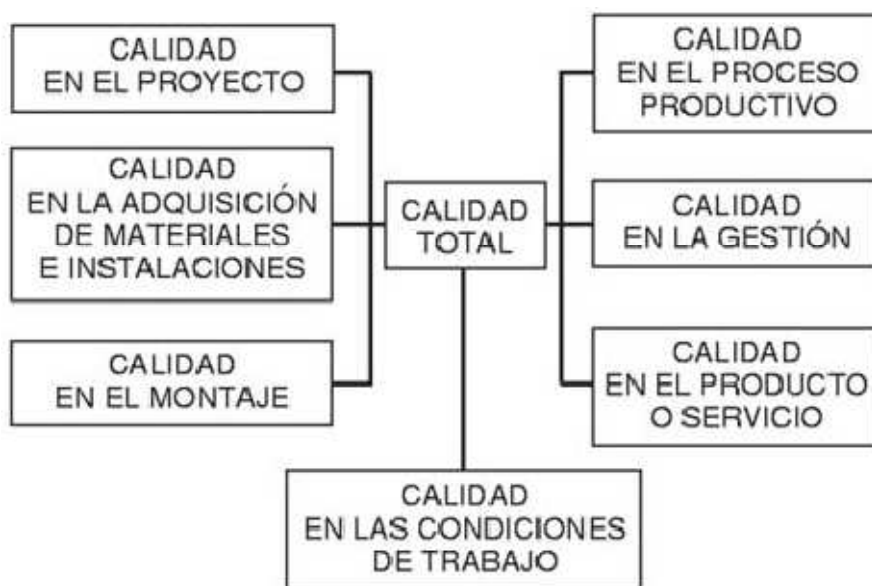


Fig. 6.2. Esquema para conseguir la calidad total. Fuente: [5].

Para conseguir un sistema normalizado de calidad la legislación define aspectos clave de política empresarial que deben ser asumidos, tales como:

- La prevención ha de constituir un proceso de mejora continua, es decir, *"el empresario desarrollará una acción permanente de seguimiento de la actividad preventiva con el fin de perfeccionar de manera continua las actividades de identificación, evaluación y control de los riesgos que no se hayan podido evitar y los niveles de protección existentes y dispondrá lo necesario para la adaptación de las medidas de prevención..."* (art. 14 Ley 31/1995).

El ciclo de la mejora continua del sistema preventivo, el cual se muestra en la figura 6.3, debe establecer unos mecanismos de control que permitan al empresario verificar si los objetivos se cumplen, según queda expuesto en el artículo 9 del Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP). El análisis estadístico de la siniestralidad y demás tipos de fallos, así como la auditoría interna de los elementos fundamentales del sistema, permiten evaluar su eficacia y las mejoras a efectuar, sin menoscabo de las auditorías reglamentarias que cada cinco años deben realizarse en

las empresas que no hayan concertado el servicio de prevención con una entidad especializada (art. 29.2 RSP).



Fig. 6.3. Ciclo de mejora continua del sistema preventivo. Fuente: [24].

- Integración de la actividad preventiva *"en el conjunto de sus actividades y decisiones, tanto en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones que este se preste, como en la línea jerárquica de la empresa, incluidos todos los niveles de la misma. La integración de la prevención en todos los niveles jerárquicos de la empresa implica la atribución a todos ellos y la asunción por éstos de la obligación de incluir la prevención de riesgos en cualquier actividad que realicen u ordenen y en todas las decisiones que adopten"* (art. 1.1 RSP).

La prevención ha de integrarse en el sistema de gestión de la empresa partiendo de su política empresarial y en todas aquellas actuaciones que puedan tener consecuencias sobre la seguridad y la salud. La integración de la prevención es un factor clave para la eficacia de la acción preventiva.

Las actividades preventivas han de cumplir una triple función:

- Prevenir situaciones de riesgo.
- Demostrar interés preventivo en la organización con un valor de ejemplaridad.
- Facilitar el aprendizaje preventivo a sus usuarios. Realizando procedimientos de actividades preventivas las personas aprenden de los errores, se anticipan

a los problemas antes de que estos sucedan y descubren por sí mismas la aportación especial de la prevención a la mejora de su competencia profesional y de su liderazgo en el trabajo.

- Se han de definir funciones y responsabilidades en todos los niveles jerárquicos. Así *"el establecimiento de una acción de prevención de riesgos integrada en la empresa supone la implantación de un plan de prevención de riesgos que incluya la estructura organizativa, la definición de funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para llevar a cabo dicha acción"* (art. 2.1 RSP).

Es primordial que cada persona asuma sus responsabilidades preventivas, desde la gerencia, técnicos y mandos intermedios hasta los trabajadores, de acuerdo con las funciones establecidas. Todas y cada una de las personas han de sentirse parte de la organización y a la vez parte imprescindible para que el sistema se desarrolle con éxito. Es, junto con el compromiso de la dirección, una de las condiciones necesarias para llevar a cabo la implantación y el funcionamiento eficaz del sistema preventivo.

- Se ha de garantizar la información, formación y participación de todos los trabajadores en la actividad preventiva (art. 18 y 19 Ley 31/1995). El apoyo e implicación de los representantes de los trabajadores desde la fase de diseño del Plan preventivo hasta su implantación y seguimiento es fundamental para su buen desarrollo, más allá de la exigencia reglamentaria de información y consulta que se le exige al empresario, el cual debe entender que el marco de diálogo con los trabajadores y sus representantes es mucho más ventajoso que tener que actuar tardíamente ante la reivindicación.

6.4.3. Planificación de las actividades preventivas

Tras la definición de la política preventiva, hay que realizar una organización de los recursos humanos y materiales necesarios, incluidos los financieros, para poder desarrollarla realizando correctamente sus funciones y las correspondientes actividades preventivas que surgirán de la planificación.

Se deben planificar las actividades preventivas para su debido control. La planificación debe englobar cinco campos básicos de actuación:

- Medidas/Actividades para eliminar o reducir los riesgos. Deben realizarse estableciendo objetivos y plazos, así como medios y estrategias para alcanzarlos. Los riesgos que no puedan ser evitados deberán ser minimizados, priorizando las medidas de protección colectiva frente a las de protección individual y utilizando las normas y la señalización como medidas complementarias cuando sea necesario.

- Información, formación y participación de los trabajadores. Deberán recibir información y formación sobre los riesgos a que están expuestos y sobre las medidas y actividades de prevención y protección aplicables. Los trabajadores o sus representantes deberían ser consultados sobre las actuaciones preventivas y aquellas cuestiones que afecten a su seguridad.

La constitución de grupos o equipos de mejora en las diferentes áreas de trabajo, que se reúnan periódicamente para estudiar la implantación de mejoras concretas, suele dar muy buenos resultados, siempre que cuente con el apoyo decidido de la dirección. En cuanto a la formación, los trabajadores deberán recibir una formación suficiente en materia de prevención, tanto en el momento de su contratación como cuando se produzcan cambios que afecten a las funciones que llevan a cabo en la empresa o a las tecnologías o equipos con los que trabajan. La formación deberá ser planificada como resultado de la evaluación de riesgos y estará basada en los procedimientos de trabajo establecidos. Esta formación se impartirá de forma continuada y siempre que sea posible con medios y personal propios (trabajadores con más experiencia, mandos directos, etc.) y se realizará siempre que sea posible dentro de la jornada laboral, o en su defecto en otras horas, pero con reducción del tiempo dedicado a la misma.

- Actividades para el control de las condiciones de trabajo y la actividad de los trabajadores. Deberán establecerse una serie de actividades para el control de los riesgos existentes o previsibles. Esto conlleva el seguimiento y revisión de aspectos clave para asegurar que las medidas preventivas establecidas son eficaces en el tiempo (inspecciones periódicas, mantenimiento; la vigilancia de la salud es a su vez una actividad preventiva de control esencial).
- Actuaciones frente a cambios previsibles. La empresa deberá además tener previstas una serie de actuaciones tendentes a controlar los riesgos previsibles cuando se produzcan cambios. Esto conlleva una serie de actividades encaminadas a evitar modificaciones incontroladas en los procesos productivos, fundamentalmente por entradas o salidas de personas, materiales y equipos.
- Actuaciones frente a sucesos previsibles. Ante sucesos de especial relevancia, tales como accidentes o en general situaciones de emergencia, la empresa deberá prever los procedimientos necesarios de actuación, para aprender de tales experiencias y minimizar las consecuencias de cualquier siniestro.

6.4.4. Ejecución y control de las actividades preventivas

La fase de ejecución se caracteriza por llevar a la práctica todo lo planeado anteriormente. Disponer de procedimientos documentados para el desarrollo del conjunto de actividades preventivas va a permitir el proceso de formación y aprendizaje para que las personas

implicadas aprendan, las hagan de acuerdo a lo previsto y finalmente se pueda evaluar la eficacia de lo realizado basándose en los resultados alcanzados. La implantación de las diferentes actividades preventivas debe ser gradual a fin de facilitar que mandos y trabajadores la integren adecuadamente, valorando su importancia.

Todo el conjunto de actividades preventivas deberá desarrollarse bajo la debida coordinación, con el fin de que la prevención se implante de manera integrada, teniendo en cuenta tanto las relaciones interdepartamentales como entre empresas.

Finalmente con el objetivo de obtener una visión pedagógica, se deben realizar cuestionarios de valoración, los cuales han de permitir conocer el grado de cumplimiento de los aspectos más relevantes considerados. Para su correcta aplicación sería aconsejable que fuera cumplimentado de manera consensuada por un equipo de personas con formación preventiva y un conocimiento de la legislación vigente.

7. GUIA ACCIÓN PREVENTIVA

La Guía para la Acción Preventiva (GAP) es una herramienta que se emplea en pequeñas y medianas empresas para ayudar a mantener bajo control los problemas relacionados con la seguridad y la salud de los trabajadores. Esta guía básicamente está enfocada para ayudar al empresario en los siguientes aspectos:

- Buscar y valorar sistemáticamente los principales riesgos que pueden existir.
- Proporcionar un informe escrito de los resultados en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Sugerir mejoras para llevar cabo en la práctica.

Estos documentos se han desarrollado puesto que la pequeña y mediana empresa constituye en España la principal fuente de ocupación de trabajadores ya que el 95% de las empresas españolas están encuadradas dentro de esta denominación, siendo sus niveles de siniestralidad más altos que en las grandes empresas. La implantación de sistemas preventivos eficaces no es fácil en la PYME fundamentalmente por su limitación de medios para la acción preventiva, recurriendo en la mayoría de ocasiones a la ayuda externa de los Servicios de Prevención Ajenos.

Por ello, el objetivo prioritario se centra en desarrollar estrategias y facilitar los medios necesarios para que la PYME pueda asumir un mayor compromiso por la prevención de riesgos laborales y pueda conformar sistemas preventivos con los que alcanzar resultados satisfactorios demostrables, además de una baja siniestralidad, unos lugares de trabajo seguros y saludables y unas condiciones de trabajo dignas, siendo percibidas como tales por los trabajadores.

Una de las principales dificultades radica en que la PYME, ante la complejidad de exigencias en la búsqueda de su competitividad y de su eficiencia puede no percibir con suficiente claridad que la prevención de riesgos laborales, más allá de una exigencia legal, es también una vía determinante de contribución a la excelencia empresarial.

Sin embargo, considerando que el objetivo principal de una eficaz gestión preventiva es la atención a las propias personas y que de ellas, si están cualificadas e identificadas con los objetivos empresariales, depende en gran medida el futuro de la empresa, en la PYME existe un más alto nivel de satisfacción de los trabajadores y una mejor capacidad para las relaciones personales sintiéndose los trabajadores normalmente más implicados en el proyecto empresarial. Esto es una indudable ventaja para desarrollar con éxito el conjunto de actividades preventivas con un buen nivel de participación, contando con que la dirección

tenga el necesario grado de compromiso y proporcione así respuesta tanto a los intereses corporativos como personales de todos los miembros de la organización.

La Guía para la Acción Preventiva está orientada a personas cuyo nivel de formación previo en el ámbito de los riesgos laborales es bajo por lo que se basa en realizar cuestionarios de evaluación básicos por parte de los trabajadores de sus diferentes puestos de trabajo para identificar los posibles peligros que les afectan.

En las figuras 7.1 y 7.2 se muestran dos ejemplos de cuestionario de evaluación pertenecientes a una GAP para trabajadores que se encuentran expuestos a agentes químicos en el proceso de fabricación de una placa de circuito impreso.

SUSTANCIAS QUÍMICAS 1		
<p>Fecha de la revisión: _____</p> <p>Responsable de la revisión: _____</p>		
<p>Posibles Peligros</p> <p>N CONTACTO con productos que contienen SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS</p> <p><input type="checkbox"/> Productos de soldadura y fabricación de circuitos impresos</p> <p><input type="checkbox"/> Disolventes, productos de limpieza, pinturas, pegamentos, sustancias cáusticas</p> <p><input type="checkbox"/> Detergentes, lejías</p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p>Preguntas aclaratorias</p> <p>¿Se realiza de forma segura la manipulación de productos químicos? (ver instrucciones de uso, fichas de seguridad y etiquetas de los productos)</p> <p>Señale las medidas que ya han sido tomadas <input type="radio"/> →</p> <p>Señale las medidas necesarias que aún no han sido tomadas <input checked="" type="radio"/> →</p> <p>(Añada otras si fuera necesario)</p>	<p>Acciones preventivas para mejorar la seguridad</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Utilizar sustancias que tienen las mismas propiedades pero son menos peligrosas.</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Exigir al fabricante las fichas y etiquetas de datos de seguridad de los productos.</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Establecer un plan de utilización segura de los productos (métodos de trabajo, higiene, limpieza y eliminación).</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Evitar el contacto de sustancias con la piel, utilizando mezcladores, paletas o guantes adecuados.</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Establecer medidas higiénicas como la utilización de ropa de trabajo y no comer ni fumar.</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Preparar los productos de acuerdo con las instrucciones del fabricante, sin realizar mezclas que no sean las indicadas expresamente.</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Utilizar equipos de protección individual con el marcado CE, según las prescripciones de uso de éstos y la ficha de datos de seguridad de los productos.</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Almacenar los productos en lugares apropiados, manteniendo los recipientes cerrados.</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/></p>

Fig. 7.1. Cuestionario de evaluación I. Fuente: [13].

SUSTANCIAS QUÍMICAS 2

Fecha de la revisión: _____

Responsable de la revisión: _____

Posibles Peligros

N EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS PELIGROSAS que se forman DURANTE EL PROCESO DE TRABAJO

- ☐ Gases y vapores procedentes de operaciones de soldadura
- ☐ Partículas en suspensión: humos, polvos
- ☐

Preguntas aclaratorias

¿Se toman precauciones para evitar la exposición a sustancias nocivas (polvo, gases, vapores, nieblas, aerosoles, humos) que se pueden formar en los procesos de trabajo?

Señale las medidas que ya han sido tomadas ☐ →

Señale las medidas necesarias que aún no han sido tomadas ☒ →

(Añada otras si fuera necesario)

Acciones preventivas para mejorar la seguridad

- ☐ ● Realizar una adecuada ventilación de los locales, natural y/o forzada.
- ☐ ● Evitar la respiración de sustancias nocivas.
- ☐ ● Instalar sistemas de extracción localizada en el lugar de origen de polvos, vapores, nieblas, humos...
- ☐ ● Limpiar y reemplazar los filtros en ventiladores y extractores, según las instrucciones del fabricante.
- ☐ ● Comprobar periódicamente las concentraciones de estas sustancias en los locales.
- ☐ ● Realizar la limpieza de utensilios en lugares bien ventilados.
- ☐ ● Utilizar equipos respiratorios de protección individual si no fuera posible o fuese insuficiente la extracción localizada.
- ☐ ●

O EXPOSICIÓN A PLOMO

- ☐ Gases y vapores procedentes de operaciones de soldadura o similares

¿Se utiliza plomo metálico en algún proceso de fabricación?

Señale las medidas que ya han sido tomadas ☐ →

Señale las medidas necesarias que aún no han sido tomadas ☒ →

(Añada otras si fuera necesario)

- ☐ ● Cumplir la legislación vigente.
- ☐ ● Informar a los trabajadores del riesgo.
- ☐ ● Utilizar equipos de protección individual respiratoria si es necesario.
- ☐ ●

Fig. 7.2. Cuestionario de evaluación II. Fuente: [13].

En el anexo 2 se muestra otro ejemplo de cuestionario de evaluación correspondiente a [26] para trabajadores expuestos a agentes químicos.

8. CONCLUSIONES

A partir de la realización del proyecto se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- España es un país que no tiene tradición ni historia en materia de prevención de riesgos laborales, lo que provoca un desconocimiento en éste ámbito que se traduce en un gran número de accidentes laborales. Sin embargo, en los últimos años se está desarrollando mucha normativa para paliar este hecho aunque por otro lado, se siguen obviando aspectos fundamentales como el ámbito psicosocial de la prevención de riesgos laborales.
- A medida que se desarrolla e implanta la nueva normativa y reglamentación, las empresas tienen mejor conocimiento de la metodología a emplear para gestionar la prevención de los riesgos laborales que se generan en ella, y de esta forma conseguir evitarlos y reducirlos con el objetivo de poder garantizar la seguridad y salud de sus trabajadores así como asegurarse una mejor calidad en su funcionamiento lo que la permite ser más eficiente. Sin embargo, en las pequeñas y medianas empresas la implantación de sistemas de gestión de prevención de riesgos laborales está limitada por la falta de recursos de éstas.
- A pesar de la continua mejora y evolución de la normativa en identificación y evaluación de riesgos laborales, se mantiene estancada la reglamentación respecto a las enfermedades profesionales. En los últimos años sólo se ha publicado el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, en el cual aparecen reflejados seis grupos de enfermedades profesionales relacionadas únicamente con sustancias contaminantes y cancerígenas de diferente índole: químicas, físicas, biológicas...
- La prevención de riesgos laborales es una disciplina que debe estar en continua evolución puesto que la tecnología empleada por el ser humano avanza rápidamente, generando nuevos procesos de fabricación que dan lugar a la aparición de nuevos factores de riesgo o incrementando los ya existentes. Este hecho provoca que la normativa tenga que ser cambiada para poder adaptarse a los cambios que surgen con dicha evolución.

Pagina dejada en blanco intencionadamente

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Informe de siniestralidad laboral en el periodo de julio 2011 a junio 2012, [http://www.oect.es/Observatorio/3 Siniestralidad laboral en cifras/Otros informes de siniestralidad laboral/Informes interanuales anteriores/Informe siniestralidad julio 2011-junio 2012.pdf](http://www.oect.es/Observatorio/3_Siniestralidad_laboral_en_cifras/Otros_informes_de_siniestralidad_laboral/Informes_interanuales_anteriores/Informe_siniestralidad_julio_2011-junio_2012.pdf) , página web, julio 2012.
- [2] Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas, [http://www.oect.es/Observatorio/Contenidos/InformesPropios/Desarrollados/Ficheros/Informe ENGE 2009.pdf](http://www.oect.es/Observatorio/Contenidos/InformesPropios/Desarrollados/Ficheros/Informe_ENGE_2009.pdf) , página web, julio 2012.
- [3] Evolución del sistema preventivo español, http://www.uniovi.net/zope/servicios/comunidad/Prevencion/informacion/i3/i1/Sistema_preventivo_espanol.pdf , página web, julio 2012.
- [4] Ministerio de Empleo y Seguridad Social, Ley 31/1995 “de Prevención Riesgos Laborales”, BOE, 10 de noviembre de 1995.
- [5] Evaluación de las condiciones de trabajo en la PYME, [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Evaluacion_Riesgos/Condiciones trabajo PYMES/Condiciones trabajo PYMES.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Evaluacion_Riesgos/Condiciones_trabajo_PYMES/Condiciones_trabajo_PYMES.pdf) , página web, julio 2012.
- [6] Fotografía de ejemplo de un circuito impreso, <http://observatorioremoto.scienceontheweb.net/meteo/meteo.htm> , página web, julio 2012.
- [7] Metodología de fabricación de PCB, http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_impreso , página web, julio 2012.
- [8] Comisión Europea, Directiva 65/2011: “sobre restricciones a la utilización de ciertas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos”, DOUE, 8 de junio de 2011.
- [9] Comisión Europea, Directiva 19/2012: “sobre residuos de equipos eléctricos y electrónicos”, DOUE, 4 de julio de 2012.
- [10] Fotografía de ejemplo de componentes “through hole”, http://www.genieelectronics.com/automated_through_hole.htm , página web, julio 2012.
- [11] Fotografía de ejemplo de componentes SMD, <http://tecnologiademontajesuperficial.es/tl/VENTAJAS.htm> , página web, julio 2012.

- [12] Bestratén Bellovi M.; Pareja Malagón F., “NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente”, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1993.
- [13] Guía de Acción Preventiva para la fabricación de dispositivos microelectrónicos, <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasPublicaciones/FTecnicasGPracticas/GuiasAccionPreventiva/Ficheros/microelec.pdf> , página web, octubre 2012.
- [14] Manual de seguridad en operaciones electrónicas, <http://www.sprl.upv.es/pdf/manualelectronica.pdf> , página web, julio 2012.
- [15] Fotografía de una máquina de corte por láser de PCB, <http://www.directindustry.es/prod/lp-kf-laser-electronics/maquinas-de-corte-laser-de-circuitos-impresos-9183-603524.html> , página web, julio 2012.
- [16] Niveles permitidos de ruido, http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2006/286_2006/PDFs/realdecreto2862006de10demarzsobrelaprotecciondelasal.pdf , página web, septiembre 2012.
- [17] Comisión Europea, Reglamento 1907/2006: “Restricción, Evaluación y Autorización de Sustancias Químicas”, DOUE, 30 de diciembre de 2006.
- [18] Comisión Europea, Reglamento 1272/2008: “Clasificación, Etiquetado y Envasado de los productos químicos peligrosos en el entorno laboral y de consumo”, DOUE, 31 de diciembre de 2008.
- [19] Valores límite de exposición profesional para agentes químicos, <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Publicaciones%20y%20documentacion/LEP%20 VALORES%20LIMITE/Valores%20limite/Limites2012/LEP%202012.pdf> , página web, octubre 2012.
- [20] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Ley 22/2011 “de residuos y suelos contaminados”, BOE, 29 de julio de 2011.
- [21] Tamborero del Pino J.M. “NTP 494: Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad”, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1998.
- [22] Ministerio de Ciencia y Tecnología, R.D. 842/2002: “Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión”, BOE, 2 de agosto de 2002.
- [23] Bestratén Bellovi M.; Marrón Vidal M.A., “NTP 565: Sistema de gestión preventiva: organización y definición de funciones preventivas”, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2000.

- [24] Gestión de prevención de riesgos laborales en la PYME,
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Gestion_prevencion_PYMES/1_Introduccion.pdf , página web, octubre 2012.

- [25] Acideka, Ficha de seguridad N°111: “Cloruro Férrico 40%”, 4ª Revisión, diciembre de 2010.

- [26] Cuestionario autoevaluación exposición a agentes químicos,
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Condiciones_trabajo_PYMES/cuestion10.pdf , página web, octubre 2012.

ANEXOS

1. Ficha Seguridad del cloruro férrico

**FICHA DE SEGURIDAD Nº 111****CLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010
Nº revisión: 4
Página: 1 de 14

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA**1.1 Identificadores del producto**

- Nombre del producto: **CLORURO FÉRRICO 40%**
- Nombre químico: Tricloruro de hierro
- Fórmula molecular: FeCl_3
- Tipo de producto: Sustancia

1.2. Usos identificados / Usos desaconsejados

- Usos identificados:
 - Tratamiento de agua potable y agua de aporte industrial
 - Tratamiento de aguas residuales
 - Fabricación de formulados
 - Tratamiento de fangos
 - Tratamiento de biogás
 - Tratamiento de residuos
 - Uso como reactivo o precursor en fabricación de otros productos químicos
 - Tratamiento de superficies – grabados
 - Uso en laboratorio

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

ACIDEKA, S.A.
CAPUCHINOS DE BASURTO 6 – 4ª PLANTA
48013 BILBAO (VIZCAYA)
Tfno: 944 255 022
e-mail: acideka@acideka.com

1.4. Teléfono de emergencia: 944 255 022 (Disponible sólo en horas de oficina)**2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS****2.1. Clasificación de la sustancia****Clasificación según reglamento europeo (CE) 1272/2008, y sus modificaciones**

Producto clasificado como peligroso.

Clase de peligro	Categoría de peligro	Indicaciones de Peligro
Toxicidad aguda	Categoría 4	H302
Corrosión/irritación cutánea	Categoría 2	H315
Sensibilización cutánea	Categoría 1	H317
Lesiones oculares graves o irritación ocular	Categoría 1	H318
Corrosivo para metales	Categoría 1	H290

Clasificación según directiva europea 67/548/CEE o 1999/45/CE y sus modificaciones

Producto clasificado como peligroso.

Clase de peligro/categoría de peligro	Frases R
Xn - Nocivo	R22: Nocivo por ingestión R38: Irrita la piel R41: Riesgo de lesiones oculares graves R43: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel

2.2. Elementos de la etiqueta

Etiqueta CE – De acuerdo con el reglamento europeo (CE) 1272/2008 y sus modificaciones.

Pictogramas de peligro:

**FICHA DE SEGURIDAD Nº 111****COLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010
Nº revisión: 4
Página: 2 de 14

Palabra de advertencia:

Peligro

Indicaciones de peligro:

- H290 - Puede ser corrosivo para los metales.
H302 - Nocivo en caso de ingestión.
H315 - Provoca irritación cutánea.
H317 - Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H318 - Provoca lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia:Prevención

- P234 - Conservar únicamente en el recipiente original.
P261 - Evitar respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/ el aerosol.
P264 - *Lavarse...concienzudamente tras la manipulación.*
P270 - No comer, beber ni fumar durante su utilización.
P272 - Las prendas de trabajo contaminadas no podrán sacarse del lugar de trabajo.
P280 - *Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.*

Respuesta

- P301+P312 - *EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico en caso de malestar.*
P302+P352 - *EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.*
P305+P351+P338 - *EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.*
P310 - *Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.*
P321 - *Se necesita un tratamiento específico. Ver... en esta etiqueta.*
P330 - *Enjuagarse la boca.*
P332+P313 - *En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.*
P333+P313 - *En caso de irritación o erupción cutánea: Consultar a un médico.*
P362 - *Quitarse las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas.*
P363 - *Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas.*
P390 - *Absorber el vertido para que no dañe otros materiales.*

Almacenamiento

- P406 - Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión/... con revestimiento interior resistente.

Eliminación

- P501 - Eliminar el contenido/el recipiente según legislación vigente.

NOTA: en la etiqueta que acompaña al producto sólo figuran los consejos de prudencia marcados en cursiva.

2.3. Otros peligros

- Información no disponible.

3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Nombre de la sustancia	Concentración	Nº CE	Nº CAS	Nº de registro REACH	Nº índice en Anexo VI Reglamento CE 1272/2008
Cloruro férrico	39-42%	231-729-4	7705-08-0	01-2119497998-05-0005	---

4. PRIMEROS AUXILIOS.**4.1. Descripción de los primeros auxilios****4.1.1 En caso de inhalación**

- Respirar aire fresco.
- Enjuagar con agua boca y nariz.
- Si los síntomas persisten, llamar a un médico.

**FICHA DE SEGURIDAD N° 111****CLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010
Nº revisión: 4
Página: 3 de 14

4.1.2 En caso de contacto con los ojos

- Lavar inmediatamente con abundante agua templada durante varios minutos. Lavar también debajo de los párpados.
- Consultar a un médico.

4.1.3 En caso de contacto con la piel

- Lavar con abundante agua y jabón.
- Quitar y lavar la ropa contaminada antes de usarla de nuevo.
- Si los síntomas persisten, llamar a un médico.

4.1.4 En caso de ingestión

- Llamar a un médico inmediatamente.
- NO inducir al vómito.
- Enjuagar la boca con agua.
- Beber 1 o 2 vasos de agua o leche.
- No dar nunca de beber a una persona que este inconsciente.

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**4.2.1 En caso de inhalación**

- Irritación del tracto respiratorio.

4.2.2 En caso de contacto con los ojos

- Irritación ocular.

4.2.3 En caso de contacto con la piel

- Irritación cutánea

4.2.4 En caso de ingestión

- Vómitos, diarrea, aletargamiento, dolor abdominal superior. En casos más graves, cianosis, shock y coma.

4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deben dispensarse inmediatamente

- *Tratamiento de emergencia en caso de ingestión:* Administrar 1 ml/kg de peso corporal de una solución estándar (mEq/ml) de bicarbonato sódico después del lavado de estómago. Antiácidos convencionales también pueden ser también una alternativa segura.
- En caso de ingestiones importantes, 5-10 g de deferoxamina puede ayudar al final del lavado de estómago. (Medical Toxicology - Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. Elsevier Science Publishing Co. Inc. New York, NY 1988.)

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS**5.1. Medios de extinción****5.1.1 Medios de extinción apropiados**

- Usar medios de extinción apropiados a la situación particular y entorno.

5.1.2 Agentes de extinción inadecuados

- Ninguno

5.2. Riesgos específicos derivados de la sustancia

- Por encima de la temperatura de descomposición del producto (285°C), se puede liberar cloruro de hidrógeno.

5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

- Utilizar equipo de respiración autónomo.
- Llevar equipos de protección personal resistentes al fuego.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL**6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

**FICHA DE SEGURIDAD N° 111****COLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010
N° revisión: 4
Página: 4 de 14

6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

- Evitar el contacto con la sustancia.

6.1.2 Para el personal de emergencia

- Seguir las recomendaciones de la sección 7 (manipulación y almacenamiento).
- Llevar botas y buzo de protección.
- Si se forma aerosol o niebla de producto, utilizar media máscara de protección con filtro B/P2.

6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

- En caso de vertido confinado, intentar recuperar y reutilizar el producto. Si esto no fuera posible, absorber con tierra ó arena y someter el absorbente a posterior tratamiento.
- Cubrir los desagües y sumideros para evitar que el producto afecte a suelos o aguas.
- Si el producto contamina un río o un lago o se escapa por algún sumidero, informar a las autoridades.
- Evitar la extensión del derrame por medio de materiales absorbentes apropiados tales como arena o grava.

6.3. Métodos y material de contención y de limpieza

- Recoger los derrames importantes utilizando una bomba apropiada.
- Limpiar el residuo que quede con agua y neutralizar el agua de lavado con un producto básico (sosa, cal, carbonato sódico, etc.)
- Los residuos deben ser gestionados de acuerdo con la legislación aplicable.

6.4. Referencia a otras secciones

- Consultar las medidas de protección en las listas de las secciones 7 y 8.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**7.1. Precauciones para una manipulación segura**

- El lugar y métodos de trabajo deberá estar organizado de forma que se evite o minimice el contacto directo con el producto.
- Llevar guantes de protección de un material apropiado tal como PVC, neopreno o goma natural.
- Respetar las instrucciones del fabricante de los guantes en cuanto a permeabilidad y resistencia. Tener así mismo en cuenta las condiciones específicas del puesto de trabajo en las que el producto se utiliza, tales como el riesgo de cortes, abrasión y tiempo de contacto.
- Llevar gafas de seguridad, preferentemente tipo cerradas.

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidadesRecomendaciones generales

- Mantener lejos de productos incompatibles, tales como productos alcalinos.
- Evitar la congelación de producto.
- Evitar altas temperaturas.

Materiales adecuados para su almacenamiento

- Plástico (PE, PP, PVC).
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Cemento revestido de resina epoxi.
- Titanio.
- Acero resistente a los ácidos o acero ebonitado.

Materiales no adecuados para su almacenamiento

- Materiales no resistentes a los ácidos tales como aluminio, cobre, hierro,...
- Acero.
- Recipientes galvanizados.

7.3. Usos específicos finales

- Ver anexo.

**FICHA DE SEGURIDAD N° 111****COLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010

N° revisión: 4

Página: 5 de 14

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN INDIVIDUAL**8.1. Parámetros de control**

- VLA-ED 1 mg/m³ (expresado como Fe).
- DN(M)EL Trabajadores (8 horas/día de exposición)
 - DN(M)EL piel: 0,57 mg Fe/kg de peso corporal/día
 - DN(M)EL inhalación: 2,01 mg Fe/m³
- DN(M)EL Consumidores
 - DN(M)EL piel: 0,29 mg Fe/kg de peso corporal/día
 - DN(M)EL inhalación: 0,5 mg Fe/m³
 - DN(M)EL oral: 0,29 mg Fe/kg de peso corporal/día

8.2. Controles de la exposición**8.2.1 Controles técnicos apropiados**

- Dotar a las instalaciones de lavajos y duchas de emergencia.
- Proveer de ventilación suficiente en las áreas de trabajo.

8.2.2 Medidas de protección individual, tales como equipos de protección personal*Protección de los ojos/la cara*

- Llevar gafas de seguridad, preferentemente tipo cerradas.

Protección de la piel (manos y otros)

- Llevar guantes de protección de un material apropiado tal como PVC, neopreno o goma natural.
- Llevar ropa de trabajo.

Protección respiratoria.

- Media máscara tipo B-P2 en caso de presencia de aerosol o niebla de producto.

Peligros térmicos

- Información no disponible.

Medidas de Higiene

- Asegúrese que las estaciones de lavado de ojos y duchas de seguridad están localizadas cerca del sitio de trabajo.
- Sustituir inmediatamente la ropa contaminada.
- Lavar cara y manos antes de los descansos y al término de la jornada laboral.

8.2.3 Controles de exposición medioambiental.

- *Medidas organizativas:* procedimientos operativos y de control para minimizar emisiones, especialmente durante operaciones de limpieza y mantenimiento.
- *Medidas preventivas relacionadas con los efluentes líquidos:* Los efluentes de cloruro férrico deben ser reutilizados o descargados al efluente industrial con posterior neutralización.
- *Medidas preventivas relacionadas con las emisiones al aire:* no se prevé las emisiones al aire debido a su baja presión de vapor.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Aspecto	Líquido rojizo - marrón
Olor	Prácticamente inodoro
Umbral olfativo	Dato no disponible
pH	< 1
Punto de fusión/punto de congelación	-12°C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	106-120°C

**FICHA DE SEGURIDAD N° 111****CLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010

N° revisión: 4

Página: 6 de 14

Punto de inflamación	No aplicable (sustancia inorgánica sin presencia de carbono o hidrógeno)
Tasa de evaporación	Dato no disponible
Inflamabilidad (sólido, gas)	No aplicable (sustancia inorgánica sin presencia de carbono o hidrógeno)
Límite superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad	No aplicable (sustancia inorgánica sin presencia de carbono o hidrógeno)
Presión de vapor	Dato no disponible
Densidad de vapor	No aplicable
Densidad relativa	1,42
Solubilidad (es)	Soluble en agua en todas proporciones
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	No aplicable (sustancia inorgánica)
Temperatura de auto-inflamación	No aplicable (sustancia inorgánica sin presencia de carbono o hidrógeno)
Temperatura de descomposición	285°C
Viscosidad	17 cps
Propiedades explosivas	No aplicable (sustancia inorgánica sin presencia de grupos funcionales asociados a propiedades explosivas)
Propiedades comburentes	No aplicable (sustancia inorgánica sin presencia de oxígeno)

9.2. Información adicional

- En el contexto de riesgos físico-químicos, las sales de hierro no presentan propiedades oxidantes.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**10.1. Reactividad**

- Dado el bajo pH del producto se evitará el contacto con aquellos productos que son incompatibles con productos ácidos (Ej. hipoclorito sódico).
- Al contacto con ciertos metales desprende hidrógeno (gas inflamable y explosivo).

10.2. Estabilidad química

- El producto es estable en las condiciones de almacenamiento recomendadas.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

- No se conocen reacciones peligrosas.

10.4. Condiciones que deben evitarse

- No hay información disponible.

10.5. Materiales incompatibles

- Ver sección 7 de esta ficha de seguridad (manipulación y almacenamiento).

10.6. Productos de descomposición peligrosos

- Ninguno.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**11.1. Toxicidad aguda**

- LD50 oral: 1300 mg Cl_3Fe /kg de peso corporal.
- LD50 dérmica: 2000 mg Cl_3Fe /kg de peso corporal.

Toxicidad crónica

- NOAEL oral (ratas): 277 mg/kg de peso corporal y día.

11.2. Corrosión o irritación cutáneas

- Causa irritación cutánea categoría 2.

**FICHA DE SEGURIDAD Nº 111****CLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010
Nº revisión: 4
Página: 7 de 14

11.3. Lesiones o irritación ocular graves

- Irritación ocular, categoría 1. Provoca lesiones oculares graves.

11.4. Sensibilización respiratoria o cutánea

- Podría causar sensibilización cutánea.
- Se están realizando ensayos para determinar si el cloruro férrico puede dar lugar a reacciones de sensibilización cutánea.

11.5. Mutagenicidad en células germinales

- *Ensayo de mutación genética en bacteria y en células de mamífero*: "Genotoxicity of iron compounds in Salmonella typhimurium and L5178Y mouse lymphoma cells". Resultado: negativo en ambos casos.
- *Ensayo de genotoxicidad*: "Nuclear aberrations and micronuclei induction in the digestive tract of mice treated with different iron salts". Resultado: negativo.

11.6 Carcinogenicidad

- Ensayos realizados muestran que el cloruro férrico no es carcinogénico.

11.7. Toxicidad para la reproducción

- Resultados recientes de estudios llevados a cabo con cloruro ferroso y sulfato ferrosos han dado valores de NOAEL para efectos sobre la reproducción y el desarrollo de ≥ 500 mg/kg peso corporal/día y ≥ 1000 mg/kg peso corporal/día respectivamente.
- Estos resultados se consideran aplicables a las sales de hierro III tales como cloruro férrico, puesto que el hierro II ingerido es oxidado a hierro III por el organismo antes de ser absorbido.
- Suplementos de hierro de 5,8 a 11,7 mg/kg peso corporal/día (para individuos de 60kg) son prescritos de forma rutinaria a embarazadas, sin evidencia de efectos adversos de ningún tipo.

11.8. Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única

- No hay información disponible.

11.9. Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición repetida

- NOAEL de 277 y 314 mg Fe/kg peso corporal/día (ratas macho y hembra respectivamente)

11.10. Peligro de aspiración

- Ver sección 11.1.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA**12.1. Toxicidad**

- PNEC agua: no aplicable.
- PNEC sedimento (g Fe/kg sedimento seco): 49,5
- PNEC suelo (g Fe/kg suelo seco): 55
- PNEC planta de tratamiento de aguas residuales (mg Fe/l): 500
- PNEC oral: no aplicable (no es bioacumulable)
- Peces (*Lepomis macrochirus*) 96 h: LC50: 20 mg Fe/l
- Invertebrados acuáticos (*Daphnia magna*) 48 h: EC50: 9.6 mg Fe/l

12.2. Persistencia y degradabilidad

- La biodegradabilidad no es aplicable a sales inorgánicas de metales. La precipitación y factores abióticos controlan la transformación y degradación del cloruro férrico en el medio ambiente.
- No obstante el hierro está sujeto a cierta actividad biológica puesto que hay bacterias que realizan procesos de transformación del hierro.

12.3. Potencial de bioacumulación

- En ensayos realizados han mostrado un factor de bioconcentración de < 20 .
- El hierro es un elemento traza esencial para los organismos (microorganismos, plantas y animales) y juega un importante papel en procesos biológicos. La incorporación de hierro en las células está controlada por procesos homeostáticos.

12.4. Movilidad en el suelo

- En función del pH, el hierro disuelto precipita rápidamente por lo que su impacto en el medio se reduce de forma importante.

**FICHA DE SEGURIDAD N° 111****CLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010
Nº revisión: 4
Página: 8 de 14

12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB

- El cloruro férrico no es sustancia PBT o mPmB.

12.6. Otros efectos adversos

- No hay información disponible.

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.**13.1. Métodos para el tratamiento de residuos**

- Agua contaminada con cloruro férrico es fácilmente tratada ajustando el pH hasta 8. El hierro precipitará como hidróxido de hierro, mientras que los cloruros permanecen en solución.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.

		ADR
14.1.	Nº ONU	2582
14.2.	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Cloruro Férrico en solución
14.3.	Clase(s) de peligro para el transporte	8
	Etiqueta de peligro	8 - Corrosivo
	Identificación de peligro	80
14.4.	Grupo de embalaje	III

14.5. Peligros para el medio ambiente

- No está clasificado como peligroso para el medio ambiente de acuerdo con los criterios establecidos en el ADR.

14.6. Precauciones particulares para los usuarios

- Información no disponible.

14.7. Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC

- No aplicable.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.**15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específica para la sustancia o la mezcla**

- Reglamento (CE) n o 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006 , relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), y sus enmiendas, en particular, reglamento (CE) 453/2010.
- Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas, y sus enmiendas.
- Reglamento (CE) n o 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y sus enmiendas.
- Directiva 98/24/CE del Consejo de 7 de abril de 1998 relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, y sus enmiendas.
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos.
- Ley 31/1995, de 8/11 de Prevención de Riesgos Laborales - Valores Límites Ambientales (VLAs), Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)- y sus enmiendas.

15.2. Evaluación de la seguridad química

- De acuerdo con el reglamento REACH, se ha realizado la evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

**FICHA DE SEGURIDAD N° 111****CLORURO FERRICO 40%**

Revisión: 1-12-2010
N° revisión: 4
Página: 9 de 14

16. OTRA INFORMACION**16.1. Historial de revisiones**

- Revisión 3: Se añade en el punto 16 "Otras informaciones", el punto 16.1 Manual de uso de l producto, que es acuerdo con las exigencias de la Orden SAS/1915/2009, de 8 de julio, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de consumo humano.
- Revisión 4: adecuar la ficha al anexo II del reglamento REACH (modificado por reglamento 453/2010). Incluir clasificación según reglamento CLP.

16.2. Abreviaturas y acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

- **ACGIH:** Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).
- **ADR:** Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)
- **CLP:** Clasificación, etiquetado y envasado.
- **Descriptor de uso:** ver "Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.12: Use descriptor system" de la ECHA, que puede encontrarse en la página web de la ECHA. <http://echa.europa.eu>.
- **DNEL:** Acrónimo en ingles de nivel sin efecto obtenido. Representa el nivel máximo de exposición de las personas a una sustancia.
- **DL50:** Dosis Letal mediana para la toxicidad aguda por ingestión es la dosis única obtenida estadísticamente de una sustancia de la que cabe esperar que, administrada por vía oral, cause la muerte de la mitad de un grupo de ratas albinas adultas jóvenes en el plazo de 14 días.
- **IBC:** Código de Buques que Transporten Productos Químicos Peligrosos a Granel (Internacional Bulk Chemical Code).
- **mPmB:** Sustancias muy persistentes y muy acumulativas.
- **N° CAS:** Chemical Abstract Service es un identificador único numérico específico para cada sustancia y su estructura.
- **NOEL:** No Observed Effect Level.
- **ONU:** Número de identificación de materias peligrosas recogidas en el ADR.
- **PBT:** Sustancias persistentes, bioacumulativas y tóxicas.
- **PVC:** Policloruro de vinilo.
- **REACH:** Registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y productos químicos (EU regulatory framework for the Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals).
- **STOT:** Toxicidad específica en determinados órganos
- **VLA-ED:** Valor límite ambiental de exposición diaria.
- **VLAs:** Valores Límites Ambientales.

16.3. Referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Informe de seguridad Química del cloruro férrico.

16.4. Métodos de evaluación (sólo mezclas)

- No aplicable por ser una sustancia.

16.5. Lista de frases R, advertencias de peligro, indicaciones de seguridad y/o consejos de prudencia citados en esta ficha de seguridad.

Texto íntegro de las declaraciones H mencionadas en la sección 2: ver la sección 2.2

Texto completo de las frases R referidas en la sección 2: ver sección 2.1

16.6. Manual de uso en el ámbito de tratamiento de aguas potables. Orden SAS/1915/2009.**16.6.1. Modo de empleo.**

- El Cloruro Férrico puede aplicarse directamente, tal cual, mediante una bomba dosificadora y diluirse en línea con el agua.
- Ver sección 7.1 "Manipulación del producto" y utilizar las "medidas de protección" indicadas en la sección 8.2.1 y anexo de usos.



FICHA DE SEGURIDAD Nº 111

CLORURO FERRICO 40%

Revisión: 1-12-2010
Nº revisión: 4
Página: 10 de 14

16.6.2. Dosis recomendada.

- La dosis recomendada de tratamiento es variable en función de la calidad del agua bruta y de la aplicación.
- En general, la dosis de tratamiento corresponde aproximadamente a una cantidad de 10 a 80 mg cloruro férrico 40%/ litro agua a tratar (expresado como Fe varía entre 2 y 10 mg/l), inferior o superior, en función de la calidad del agua bruta.
- Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003.

16.6.3. Finalidad del producto.

- El Cloruro Férrico se utiliza como coagulante primario.

16.6.4. Incompatibilidades con otros productos y/o materiales.

- Ver sección 7.2 "Almacenamiento"
- Ver sección 10. "Estabilidad y reactividad"

Nota:

Hay trazabilidad entre el número de lote y la fecha de fabricación.

La información suministrada corresponde al estado actual de nuestros conocimientos y experiencia y se considera válida, salvo error de reproducción.

Esta información es proporcionada solamente para su consideración, investigación y verificación y no asumimos ninguna responsabilidad legal derivada de la misma.

El cumplimiento de nuestras recomendaciones no exime al utilizador respecto al cumplimiento de reglamentos, normativas ó leyes relativas a la Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

Esta Ficha de Seguridad es acorde con los requisitos establecidos en los siguientes reglamentos de la Unión Europea: Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de Diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (reglamento REACH) y sus enmiendas, y reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de Diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (reglamento CLP) y sus enmiendas.

La información suministrada no debe ser considerada como una garantía ó especificación de calidad. Su objetivo es describir nuestros productos desde el punto de vista de la seguridad.

Este documento es emitido informáticamente por lo que no lleva firma.

2. Cuestionario de evaluación

CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES			
10. AGENTES QUÍMICOS. EXPOSICIÓN		Personas afectadas <input type="text"/>	
Área de trabajo <input type="text"/>	Fecha <input type="text"/>	Fecha próxima revisión <input type="text"/>	
Cumplimentado por <input type="text"/>			
1. Existen en la empresa Agentes Químicos Peligrosos (AQP), tal como los define el RD 374/2001.	SI	NO	Pasar a otro cuestionario
2. Si están contenidos en recipientes, éstos están debidamente etiquetados y se conserva esa señalización durante su uso.	SI	NO	Deben clasificarse y señalizarse según se establece en la reglamentación vigente.
3. Se informa a los trabajadores sobre los riesgos que comporta el trabajo con AQP.	SI	NO	Los trabajadores deben recibir formación e información adecuada respecto a los riesgos derivados de la presencia de AQP en su trabajo.
4. Se han aplicado los principios de prevención para la reducción de los riesgos.	SI	NO	Deben, necesariamente, aplicarse los principios generales de prevención que se exponen en el artículo 4 del RD 374/2001.
5. Teniendo en cuenta la peligrosidad del AQP, la cantidad de éste y las condiciones de trabajo, se puede considerar el riesgo leve.	SI	NO	Si la información disponible sobre los riesgos del AQP lleva a la conclusión de riesgo no leve, pase a la cuestión siguiente, si es leve, pase a la cuestión 20.
6. Alguno de los AQP es tóxico o nocivo por inhalación.	SI	NO	Pase a la cuestión 11
7. Se han iniciado gestiones para sustituir el AQP, o se trabaja en proceso cerrado o de forma que no existe contacto con él, o se reduce lo máximo posible.	SI	NO	Son prioritarias las acciones encaminadas a la eliminación o reducción en lo posible del riesgo por AQP, tal como indica el artículo 5 del RD 374/2001
8. Se dispone de sistemas eficaces de extracción localizada y ventilación general forzada.	SI	NO	Se debe disponer de sistemas de extracción localizada y de ventilación general forzada, que reduzcan eficazmente la concentración ambiental de AQP.
9. Se utilizan EPI respiratoria, en exposiciones ocasionales o en operaciones de corta duración, o cuando son insuficientes otro tipo de medidas colectivas.	SI	NO	La utilización de EPI está permitida en las condiciones mencionadas y con los requisitos que establecen el RD 1407/1992 y el RD 773/1997.
10. Se han realizado mediciones de la concentración ambiental del AQP.	SI	NO	Deben realizarse dichas mediciones ambientales; previa o posteriormente, según sea su finalidad
11. alguna de las sustancias es tóxica o nociva por contacto con la piel.	SI	NO	Pasar a la cuestión 14
12. Se utilizan guantes y ropas impermeables a las sustancias con las que puede haber contacto dérmico.	SI	NO	Debe proveerse a las personas expuestas de este tipo de protección individual debidamente certificada.
13. Se sustituye la ropa de trabajo y se procede a la limpieza de la piel afectada cuando se impregna de este tipo de sustancias contaminantes.	SI	NO	Debe sustituirse la ropa y limpiar de forma inmediata la piel impregnada.
14. Se procede a la recogida de derrames, de sustancias tóxicas o nocivas cuando se producen, y con la protección individual adecuada.	SI	NO	Deben eliminarse lo antes posible utilizando medios adecuados para ello y protección individual dérmica y respiratoria en su caso.

15. Se procede a la limpieza de los puestos de trabajo después de cada turno y periódicamente de los locales.	SI	NO	Es necesario realizar este tipo de limpieza.
16. Se procede al mantenimiento de las instalaciones de ventilación.	SI	NO	Debe organizarse y llevarse a cabo este mantenimiento preventivo.
17. Se lleva a cabo la vigilancia de la salud sobre los trabajadores expuestos, cuando ésta es obligatoria.	SI	NO	La vigilancia de la salud es un requisito obligatorio, cuando así se presente en una normativa específica o cuando lo disponga en el RD 374/2001.
18. Si alguno de los AQ que se manipulan es cancerígeno, mutágeno o tóxico para la reproducción, se incrementan los controles y las medidas de prevención.	SI	NO	En estos casos, además de respetar los preceptos anunciados en las anteriores cuestiones, debe cumplirse lo dispuesto en el RD 665/1997 y modificaciones.
19. Los residuos producidos en la limpieza y recogida de derrames de productos nocivos y tóxicos se tratan y eliminan de forma controlada.	SI	NO	Los residuos deben clasificarse y eliminarse de acuerdo con la legislación sobre residuos.
20. Se ha previsto la frecuencia y alcance, con los que se procederá a la revisión de la evaluación de los riesgos debidos a AQP.	SI	NO	Debe establecerse dicha periodicidad tal como se indica en el RD 374/2001.

CRITERIOS DE VALORACIÓN		
MUY DEFICIENTE	DEFICIENTE	MEJORABLE
Más de 6 consideraciones deficientes.	2, 3, 4, 17, 18, 19, 20	5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16.

RESULTADO DE LA VALORACIÓN				
	Muy deficiente	Deficiente	Mejorable	Correcta
OBJETIVA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUBJETIVA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ACCIONES A TOMAR PARA CORREGIR LAS DEFICIENCIAS DETECTADAS